

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra materiálu

Filip BOUČEK

Obor: Materiály a technologie
Zaměření: Materiálové inženýrství

**HODNOCENÍ PROCESU CHEMICKO TEPELNÉHO
ZPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ 200**

**EVALUATION OF THERMOCHEMICAL PROCESSING OF
SELECTED PARTS OF TRANSMISSION MQ 200**

KMT – B – 149

Vedoucí práce: doc. Ing. František Stuchlík, CSc.

LIBEREC 2009



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra materiálu

Studijní rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Filip B O U Č E K
studijní program	2341 B Strojírenství
obor	Materiály a technologie
zaměření	Materiálové inženýrství

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Hodnocení procesu chemicko tepelného zpracování vybraných dílů převodovky MQ 200

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznamte se s problematikou chemicko tepelného zpracování jádra synchronní spojky a talířového kola ve firmě Škoda Auto a.s.
2. Proved'te metalografickou analýzu karbonitridované vrstvy jádra synchronní spojky a proved'te měření tvrdosti povrchu dílu.
3. Proved'te metalografickou analýzu cementované vrstvy talířového kola a proved'te měření tvrdosti povrchu dílu.
4. Vyhodnoťte získané výsledky a formulujte závěry.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva v rozsahu 25 - 40 stran

- přílohy

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

[1] PTÁČEK,L. a kol.: Nauka o materiálu I., Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.,2003

[2] PTÁČEK,L. a kol.: Nauka o materiálu II., Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.,2002

[3] Firemní materiály Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Stuchlík,CSc.
Konzultant bakalářské práce : Ing. Daniela Odehnalová

L.S.

doc. Ing. František STUHLÍK,CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Petr LOUDA, CSc.
děkan

V Liberci dne 31.10. 2009

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedeném lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ) .Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Anotace

- Jméno:** Filip Bouček
- Obor:** Materiály a technologie
- Zaměření:** Materiálové inženýrství
- Téma:** Hodnocení procesu chemicko tepelného zpracování vybraných dílů převodovky MQ 200
- Číslo BP:** KMT – B - 149
- Vedoucí BP:** doc. Ing. František Stuchlík, CSc.
- Abstrakt:** Práce je zaměřena na hodnocení procesu chemicko tepelného zpracování karbonitridovaného jádra synchronní spojky a cementovaného talířového kola. Dále pak na porovnání výsledků získaných při metalografické analýze a měření tvrdosti povrchu s předpisy pro výrobu daných součástí.
- Rozsah práce:**
- počet stran: 56
 - počet obrázků: 31
 - počet tabulek: 8
 - počet příloh: 6
- Klíčová slova:** Jádro synchronní spojky – talířové kolo – karbonitridace – cementování – metalografie – měření tvrdosti – zkouška chemického složení – struktura materiálu.
- Datum:** 22.12.2009

Annotation

Name:	Filip Bouček
Specialization:	Materials and technologies
Focusing:	Material engineering
Theme:	Evaluation of thermochemical processing of selected parts of transmission MQ 200
Number of BSC work:	KMT – B - 149
Leader of BSC work:	doc. Ing. František Stuchlík, CSc.
Abstract:	The aim of the BSC work is to evaluate the process of the thermo-chemical processing of carbonitrided core of the synchronous coupling and the cemented disc wheel and to compare the results of metallographical analysis and measurement of surface hardness with directives of technical process.
Range of the work:	
	<ul style="list-style-type: none">- number of pages: 56- number of pictures: 31- number of tabs: 8- number of supplements: 6
Key words:	Core of the synchronous coupling – disc wheel – carbonitridation – case hardening – metallography – measurement of surface hardness – determinative test – material structure.
Date:	22.12.2009

Poděkování

Děkuji Doc. Ing. Františkovi Stuchlíkovi CSc. za vedení při vypracování bakalářské práce, Ing. Petrovi Kružíkovi za pomoc při přípravě metalografických výbrusů a za cenné rady, Ing. Josefovi Podkovičákovi za exkurzi a pomoc při zhotovení fotodokumentace. Ing. Daniele Odehnalové za vstřícný přístup při konzultacích.

Filip Bouček

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom, že o této skutečnosti musím informovat TUL; v tomto případě má TUL právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Jihlavě, dne 22. 12. 2009

.....

Filip Bouček

Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Teoretická část	9
2.1	Jádro synchronní spojky – funkce a výroba	9
2.1.1	Jádro synchronní spojky a jeho výroba ve Škoda AUTO, a.s.	9
2.2	Talířové kolo – funkce a výroba	11
2.2.1	Talířové kolo a jeho výroba ve Škoda AUTO, a.s.	11
2.3	Příprava metalografických vzorků:	12
2.4	Měření tvrdosti:	14
2.4.1	Statické zkoušky tvrdosti	15
2.4.2	Dynamické zkoušky tvrdosti	16
2.5	Chemicko-tepelné zpracování:	17
2.5.1	Cementování	17
2.5.2	Karbonitridace	18
2.5.3	Srovnání jednotlivých metod chemicko-tepelného zpracování:	20
3.	Experimentální část.....	21
3.1	Jádro synchronní spojky.....	21
3.1.1	Měření tvrdosti.....	21
3.1.2	Metalografie.....	22
3.1.3	Chemické složení	25
3.1.4	Výsledky metalografie jádra synchronní spojky	27
3.1.5	Měření karbonitridované vrstvy jádra synchronní spojky	28
3.2	Talířové kolo	30
3.2.1	Měření tvrdosti.....	30
3.2.2	Měření EHT	31
3.2.3	Metalografie.....	32
3.2.4	Chemické složení	33
3.2.5	Výsledky metalografie talířového kola.....	35
4.	Závěr	37
5.	Seznam použité literatury	38
	PŘÍLOHY	39

1. Úvod

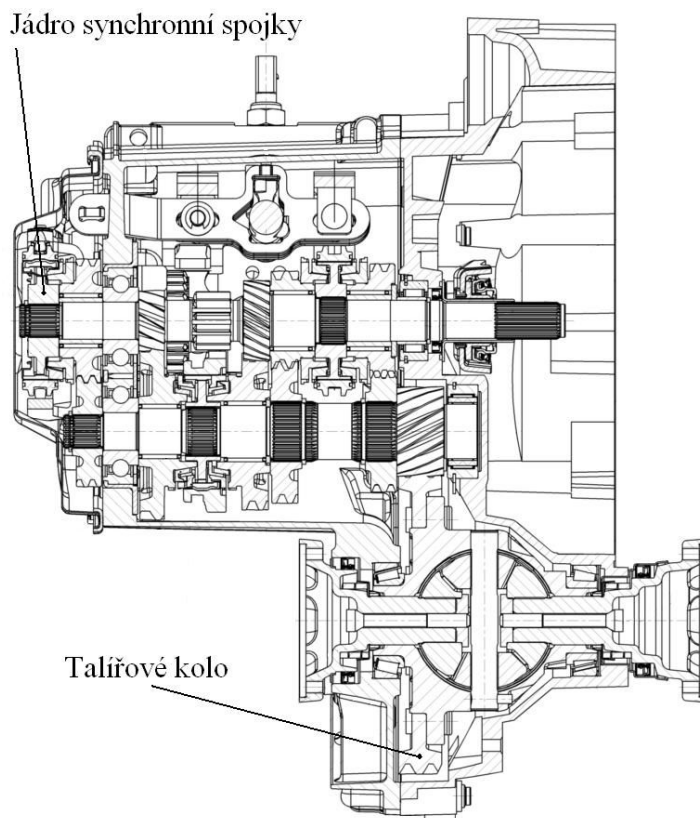
Převodovka MQ 200 je první převodovka vyráběná ve Škodě Auto, již firma zároveň dodává i koncernu Volkswagen. Jedná se o pětistupňovou převodovku určenou pro motory s točivým momentem až 200 Newtonmetrů

Jádro synchronní spojky je součástí synchronní spojky, která se stará o vyrovnaní otáček hřídele a kola dané rychlosti při řazení jednotlivých stupňů. Což umožňuje hladce a bezhlučně řadit. Jádro synchronní spojky je pevně nasazeno na hnaném hřídeli.

Talířové kolo nebo také hnané kolo rozvodovky je kolo stálého převodu, které se nachází mezi převodovkou a diferenciálem. V tomto případě se jedná o převod s čelním soukolím.

Cílem této práce je vyhodnocení chemicko teleného zpracování karbonitridovaného jádra synchronní spojky a cementované vrstvy talířového kola. Tyto díly jsou obsaženy v převodovce MQ 200. Toho chci dosáhnout za pomoci výsledků z metalografické analýzy.

Díly byly vyrobeny ve firmě Škoda AUTO. Metalografické analýzy byly provedeny ve firmě Bosch Diesel s.r.o. Jihlava.

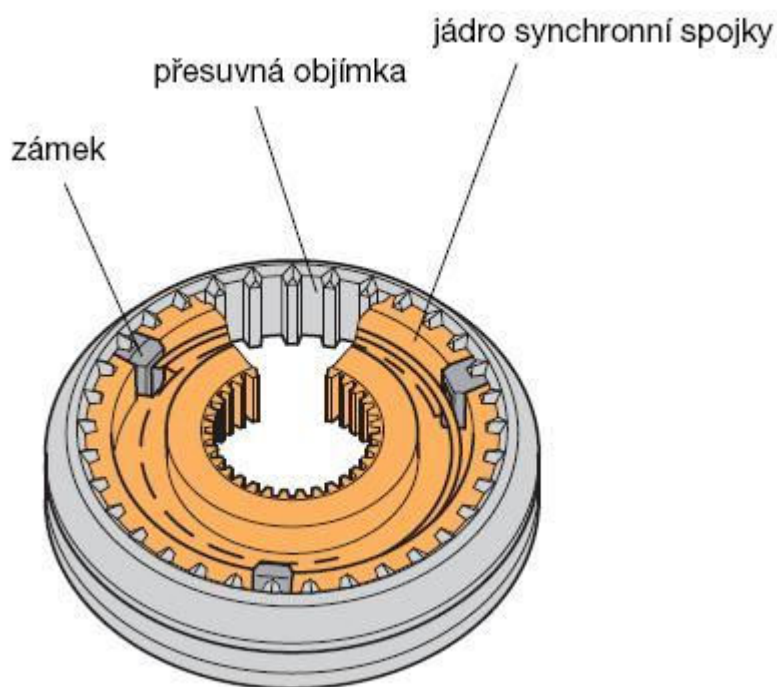


Obr. č. 1 - Umístění dílů v převodovce

2. Teoretická část

2.1 Jádru synchronní spojky – funkce a výroba

Jádru synchronní spojky je vsunuto do přesuvné objímky a zároveň pevně nasazeno na hnaném hřídeli. Stará se o vyrovnaní otáček hřídele a kola dané rychlosti při řazení jednotlivých stupňů. Což umožňuje hladce a bezhlučně řadit.



Obr. č. 2 - Zámková synchronizace po kompletaci

Je složeno z vnějšího a vnitřního ozubení. V jádru synchronní spojky jsou vybrány pro zámky, které jsou pomocí dvou pružin tlačeny směrem od středu. V neutrální poloze je přesuvná objímka působením obou pružin udržována ve středové poloze.[2]

2.1.1 Jádru synchronní spojky a jeho výroba ve Škoda AUTO, a.s.

Stručný technologický postup výroby jádra synchronní spojky, používaný ve firmě Škoda AUTO a.s.

- Ohřev materiálu
- Chemicko-tepelné zpracování (karbonitridace)
- Ochlazení

Celý proces chemicko-tepelného zpracování (karbonitridování) dílů jádra synchronní spojky, začínající ohřevem dílů a končící jeho ochlazením je v závodě Škoda AUTO plně automatizován. Je zde k těmto účelům pec komorová. Tato pec má řízenou ochrannou atmosférou. Součástí pece je i ochlazovací lázeň. Vložení dílců do pece probíhá pomocí automatického zavažeče, který je vloží do předkomory a pak proběhne jejich automatické zpracování dle programu č. 40. Ochlazení probíhá v kalicím oleji TK-46. Po ochlazení a vytažení dílů z ochlazovací lázně se nechávají díly odkapat. Do vlastního procesu tento krok nezasahuje, jde pouze o jisté šetření olejem, aby se zbytečně nevozil do pračky.

Tab. č. 1 - Program č. 40

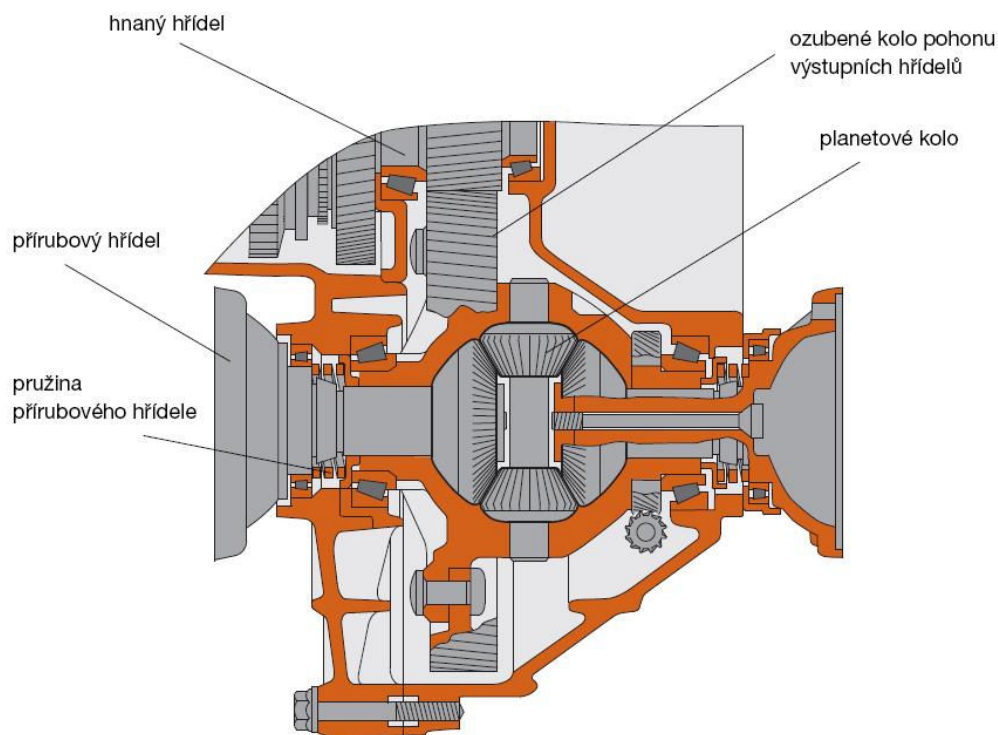
krok č.	místo	operace	teplota [°C]	čas [min.]
1	hlavni komora	ohřev na teplotu	580	30
2	hlavni komora	výdrž na teplotě	580	95
3	chladicí lázeň	ochlazení	90	20
4	navážecí komora	odkapání		20



Obr. č. 3 - Komorová pec Aichelin

2.2 Talířové kolo – funkce a výroba

Talířové kolo se stará o přenos momentu z hnaného hřídele na výstupní hřídele. Toto ozubené kolo pohonu výstupních hřídelů je součástí diferenciálu. Přes planetová kola je diferenciál spojen s přírubovými hřídeli.[2]



Obr. č. 4 - Diferenciál mechanické převodovky

2.2.1 Talířové kolo a jeho výroba ve Škoda AUTO, a.s.

Stručný technologický postup výroby talířového kola, používaný ve firmě Škoda AUTO a.s.

- Ohřev materiálu
- Chemicko-tepelné zpracování (cementace)
- Kalení
- Popouštění

Celý proces chemicko-tepelného zpracování (cementování) dílů talířového kola, začínající ohřevem dílů a končící jeho ochlazením je v závodě Škoda AUTO plně automatizován. Je zde k těmto účelům využívána průběžná pec. Tato pec má řízenou

ochrannou atmosférou. Nosná atmosféra je tvořena endotermickým plynem o rosném bodu +4 až +6°C. Vložení dílců do pece probíhá pomocí automatického zavažeče, který je vloží na dopravník a pak proběhne jejich automatické zpracování v průběžné peci. Ochlazení probíhá v kalícím oleji TK-46.

Tab. č. 2 - Postup chemicko-tepeľného zpracování v průběžné peci

krok č.	místo	operace	teplota [°C]	Počet pozic	čas taktu[min.]
1	hlavni komora	ohřev na teplotu	900	4	13
2	hlavni komora	výdrž na teplotě	900	6	
3	hlavni komora	ochlazení na teplotu kalení	830	3	
4	kalící olej	kalení	90	1	
5	dopravník	odkapání		1	
6	popouštěcí pec	popouštění	160	9	



Obr. č. 5 - Průběžná pec Aichelin

2.3 Příprava metalografických vzorků:

Seznam úkonů:

- Odběr vzorku
- Označení vzorku
- Broušení vzorku
- Leštění
- Leptání

Odběr vzorku – je prvním krokem přípravy vzorku. Již v této části přípravy musíme mít určené místo, kde budeme zkoumané těleso pozorovat. Odběr je potřeba provádět s ohledem na daný materiál, aby nedošlo ke změně struktury materiálu ani jeho povrchu. Především se vyvarovat jeho deformaci a ohřevu. K dělení materiálu slouží v tomto případě především rozbrušovací pily. S ohledem na daný materiál je potřeba vybrat správný druh dělicího nástroje – kotouče. Nezbytnou podmínkou pro co nejmenší poškození struktury při řezání je dosažení co nejmenší styčné plochy mezi materiálem a dělicím kotoučem. Další důležitou částí při řezání je správná volba řezné rychlosti, způsobu chlazení vzorku, typu řezného kotouče. K poškození struktury v rovině řezu dochází při každém řezání. Správnou volbou řezných podmínek můžeme omezit poškození materiálu v řezu na hloubku 10-50 mikrometrů. Naopak při špatně zvolených řezných podmínkách můžeme materiál poškodit až do hloubky 1000 mikrometrů.

Označení – je doporučené provádět, hlavně v případě přípravy většího množství vzorků. Zajišťuje snadnější manipulaci se vzorkem a zamezuje jeho záměně za jiný.

Upevnění vzorku – před dalším zpracováním vzorku je v mnoha případech výhodné vzorek zapouzdřit do vhodného materiálu. Důvodem může být zajištění stejné velikosti vzorků pro další zpracování na poloautomatických přístrojích. Nutné je zapouzdření malých vzorků, které by se při dalším zpracování nedaly udržet. Výhodou zapouzdření je možnost pozorování vzorku až do jeho krajů. Pro možnost využití pro větší spektrum materiálů se používají dvě odlišné technologie: zalévání za studena a lisování za tepla k čemuž jsou optimalizovány některé termoplasty a termosety. Především jde o polyesterové a epoxidové pryskyřice, metylmetakryláty, fenologické pryskyřice. Každý s těchto materiálů je vhodný pro použití v jiném případě, proto je nutné správně vybrat vždy ten nejvhodnější pro daný případ.

Broušení – úkolem broušení je získat na povrchu vzorku minimální nerovnosti a odstranit tepelně ovlivněnou část materiálu od řezání. Důsledkem broušení je úbytek hmotnosti materiálu vzorku.

- *ruční broušení* – především se používá brusný papír. Vzorek se brousí jedním směrem a při výměně brusného papíru za jemnější se brousí ve směru kolmém na předcházející.
- *mechanické broušení* – používají se metalografické brusky. Brusný papír je uchycen na vodorovném rotujícím kotouči. Požívá se speciální metalografický papír. Vzorek na brusný papír přitlačujeme rukou. Pro

dosažení větší rychlosti broušení se vzorek brousí za mokra nebo pod vodou. Při výměně papíru za jemnější se opět brousí ve směru kolmém na předcházející. Po skončení broušení se vzorek oplachuje pod vodou.

Leštění – slouží k odstranění rysek vzniklých při broušení. Provádí se vždy na rotujícím kotouči, který je potažen textilií (flanel, samet, satén,...) a přidává se leštící suspenze, kterou bývá oxid hlinitý. Vzorkem pohybujeme proti směru otáčení leštícího kotouče, dokud nedosáhneme zrcadlového lesku. Poté vzorek opláchneme a osušíme. Při leštění nedochází k úběru materiálu. Po této operaci se dají provádět některá metalografická pozorování na mikroskopu. Například lze zjistit rozložení, velikost a tvar grafitu u litin. U oceli lze zjistit přítomnost nekovových vměstků.

Leptání – slouží hlavně ke zviditelnění struktury materiálu.

- *chemické* – používá se leptadlo(chemické činidlo). Vzorek můžeme ponořit přímo do leptadla, nebo můžeme leptadlo nanášet přímo na povrch vzorku za pomoci vatového tampónu, kterým se potírá. Výhodnější se jeví leptání vícekrát a kratší dobu, než jednou a dlouho. Po ukončení leptání vzorek důkladně opláchneme za pomoci vody a alkoholu a vysušíme ho nejlépe proudem vzduchu.
- *elektrolytické* – nachází uplatnění hlavně u nerezavějících ocelí a dále u kovů a slitin, které jsou odolné vůči běžným leptadlům. Za působení elektrolytu a proudu se na povrchu leptaného dílu vyvolá jeho struktura.

2.4 Měření tvrdosti:

je základní zkouškou určení jakosti materiálu, nebo polotovaru vstupujícího do výroby, ale i výstupní kontrolou hotové součásti. Ve srovnání s ostatními zkouškami materiálů je tato metoda rychlá a poměrně jednoduchá. Za velkou výhodu lze považovat možnost zkoušet i hotové výrobky bez jejich znehodnocení. Tímto se dostává měření tvrdosti mezi nejvíce používané mechanické zkoušky. Pro správné měření tvrdosti je potřeba zvolit k danému materiálu vhodnou metodu měření. Vlastní měření je založeno na vtlačování tělesa vhodného tvaru s dostatečnou tvrdostí do zkoušeného vzorku za definovaných podmínek. **Tvrdost** je odpor proti vnikání cizího tělesa do povrchu zkoušeného materiálu.[3]

2.4.1 Statické zkoušky tvrdosti

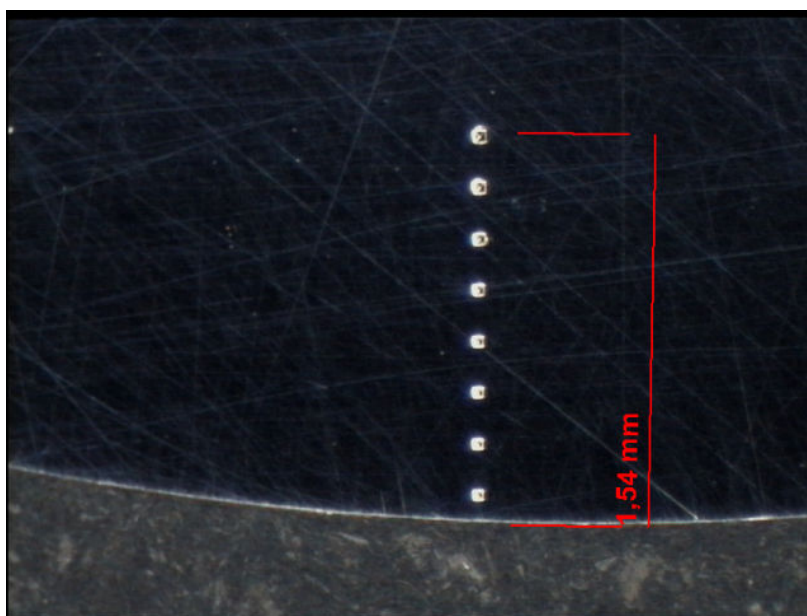
Dají se považovat za nejvíce užitečné a používané zkoušky. Jsou založeny na vtlačování vhodného tělesa kolmo do zkoušeného materiálu pomalu se zvyšující silou.

2.4.1.1 Zkouška tvrdosti podle Brinella

U této zkoušky je jako vnikací těleso použita ocelová kalená kulička o průměru D , která se vtlačuje do zkoušeného materiálu silou F . Tvrdost je zde vyjádřena jako poměr zatížení na plochu kulovitého vtisku. Kuličky se používají o průměrech $D = 10; 5; 2,5; 2$ a 1 mm. Ocelové kalené kuličky se používají do tvrdosti 400 HB, pro měření vyšších tvrdostí se používají kuličky ze slinutých karbidů. U ocelí a litin se volí doba zatěžování 10 až 15 sekund. Poté se měří průměr vtisku kuličky do materiálu ve dvou na sebe kolmých rovinách. Neměl by být odlišný o více než 5 procent.

2.4.1.2 Zkouška tvrdosti podle Vickerse

Jako vnikací tělísko je použit diamantový čtyřboký jehlan s vrcholovým úhlem 136° . Tvrdost se vyjádří jako poměr mezi zatěžující silou F působící na vnikající tělísko a plochou vtisku, což je vlastně plášť vtačeného jehlanu. Vtisky po jehlanu bývají malé, proto je často nezbytné upravit povrch měřeného materiálu broušením. Při odečítání hodnot tvrdosti se měří úhlopříčky vtisku. Vzhledem k malým rozměrům vtisku je potřeba použít optiku, aby byl odečet délek úhlopříček co nejpřesnější.



Obr. č. 6 - Měření tvrdosti - Vickers s malým zatížením - měření EHT

EHT (Einsatzgehärtetiefe) -Profil mechanických vlastností v povrchových vrstvách se měří nejčastěji metodou Vickers HV v rozmezí zatížení 1 – 10 N v provedení vtisk za vtiskem nebo cik-cak. Tvrdost se měří do hloubky 1,5mm podél jedné, nebo více paralelních linií kolmo na povrch. Vzdálenost mezi dvěma sousedními vtisky nesmí být kratší než $2 \frac{1}{2}$ násobek šířky úhlopříčky vtisku. Rozdíl mezi vzdáleností za sebou jdoucích vtisků nesmí být menší než 0,1 mm a kumulativní vzdálenosti od okraje jsou měřeny s přesností $\pm 25 \mu\text{m}$. Měření na připravených plochách je dobré provést ve dvou nebo více oblastech. Pro každou oblast měření budou zaznamenány výsledky, abychom získali křivky změny průběhu tvrdosti od povrchu směrem k jádru materiálu. U obou zakreslených křivek, které jsme získáme měřením bude stanovena vzdálenost od povrchu vzorku k místu ve kterém je dosaženo 550 HV. Tuto vzdálenost označujeme jako EHT oblast. Jestliže bude rozdíl těchto vzdáleností menší, nebo roven 0,1 mm potom bude jejich střední hodnota považována za platnou. V opačném případě je nutné měření opakovat. [1]

2.4.1.3 Zkouška tvrdosti podle Rockwella

Jako vnikací tělísko je zde použit diamantový kužel o vrcholovém úhlu 120° se zaoblenou špičkou o poloměru 0,2 mm, případně kalená ocelová kulička o průměru $1/16''$. Je zde měřena hloubka vtisku, při které je nutno vyloučit vliv povrchu měřeného tělesa a jeho odpružení. Provádí se tak, že se nejprve vnikací těleso zatíží předběžným zatížením a stupnice hloubkoměru se nastaví na počáteční hodnotu. Pak se přidá přídavné zatížení a po odlehčení na původní zatížení se na hloubkoměru ve správné stupnici odečte přímo tvrdost.

2.4.2 Dynamické zkoušky tvrdosti

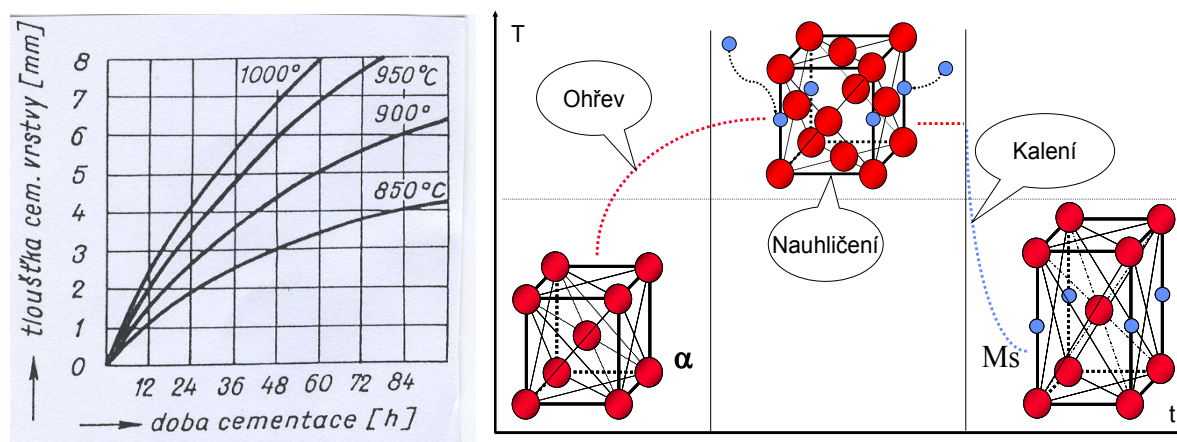
Při měření tvrdosti dynamickými zkouškami působí zkušební tělísko na měřený materiál rázem. Zkoušky lze rozdělit na *vnikací*, kde se tvrdost určuje z plastické deformace povrchu měřeného materiálu. Nebo jsou to zkoušky *odrazové*, kde se měří velikost odrazu zkušebního tělíska.

2.5 Chemicko-tepelné zpracování:

Jedná se o sycení povrchu oceli za pomoci difuze a to při zvýšené teplotě (od 500 do 900°C). K sycení může docházet v kapalném, pevném, nebo v plynném prostředí. Dochází jak ke změně struktury, tak ke změně chemického složení povrchu materiálu. Nejčastěji používaným chemicko-tepelným zpracováním je cementování (sycení povrchu uhlíkem) a nitridování (sycení povrchu dusíkem). Při tomto zpracování materiálu můžeme dosáhnout vlastností, které se jinak vzájemně vylučují. Což je například tvrdý povrch a houževnaté jádro materiálu. Výsledkem je materiál se zvýšenou odolností proti únavě, korozi a opotřebení.[3]

2.5.1 Cementování

Je jedním z nejrozšířenějších způsobů chemicko-tepelného zpracování. Jedná se o nasycení povrchu součásti uhlíkem a poté zakalení na vysokou tvrdost. Povrch oceli se sytí jen ve slabé vrstvě a tak dosáhneme velké tvrdosti povrchu a houževnatého jádra oceli. Cementaci je možné realizovat v kapalném, pevném i plynném prostředí.



Obr. č. 7 - Vliv teploty a času na vytvoření tloušťky cementační vrstvy a proces cementování

2.5.1.1 Cementování v kapalném prostředí

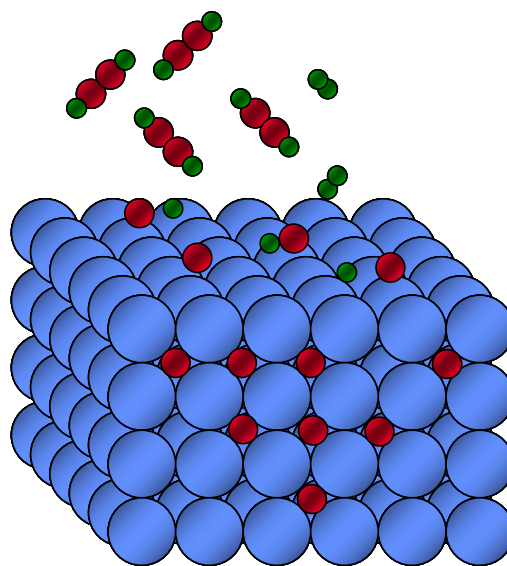
Provádí se v kyanidovaných lázních v kelímku, který je vytápěn buďto z vnějšku plynem, nebo je použito el. proudu, který prochází mezi ponořenými elektrodami. Teplota pro cementování je v tomto případě mezi 800 a 900°C.

2.5.1.2 Cementování v pevném prostředí

Je prováděno ve směsi dřevěného uhlí a BaCO_3 . Dílce se vloží do krabice a zasypou se touto směsí. Víko krabice se utěsní jílem a vloží do pece. Při ohřevu vznikne oxid uhelnatý, který reaguje na povrchu dílce a uvolní se uhlík. Uhlík se pak za pomoci difuze dostává do materiálu. Cementování v pevném prostředí lze provádět v jakékoli peci.

2.5.1.3 Cementování v plynném prostředí

Je využito reakcí, při kterých dochází k uvolnění atomárního uhlíku a ten se difuzí dostane do nauhličovaného materiálu. Pro tyto účely se převážně používá oxid uhelnatý, metan, nebo směs CH_4 a H_2 . Povrch součásti je v tomto případě chráněn vodíkem před oxidací (vznikem okují).



Obr. č. 8 – Princip nauhličení oceli

2.5.2 Karbonitridace

Karbonitridací se rozumí obohacení povrchové vrstvy železných materiálů dusíkem a v malých množstvích uhlíkem. Proces karbonitridace patří k nízkoteplotním metodám tepelného zpracování s minimalizací vzniku deformací. Využitím metody řízení procesů pomocí nitridačního čísla lze získat kvalitní a reprodukovatelné výsledky

tohoto chemicko-tepelného zpracování, které vede ke značnému zvýšení tvrdosti povrchu při současném zachování dobré houževnatosti. Takto zpracované povrchy součástí vykazují vysokou otěruvzdornost, odolnost proti vzniku únavových trhlin a lepší odolnost proti korozi. Ve většině případů nejsou nutné dokončovací operace pro zlepšení povrchu nebo pro odstranění rozměrových nebo geometrických změn (hladkost, zanedbatelný nárůst rozměrů, nepatrné přesycení hran).

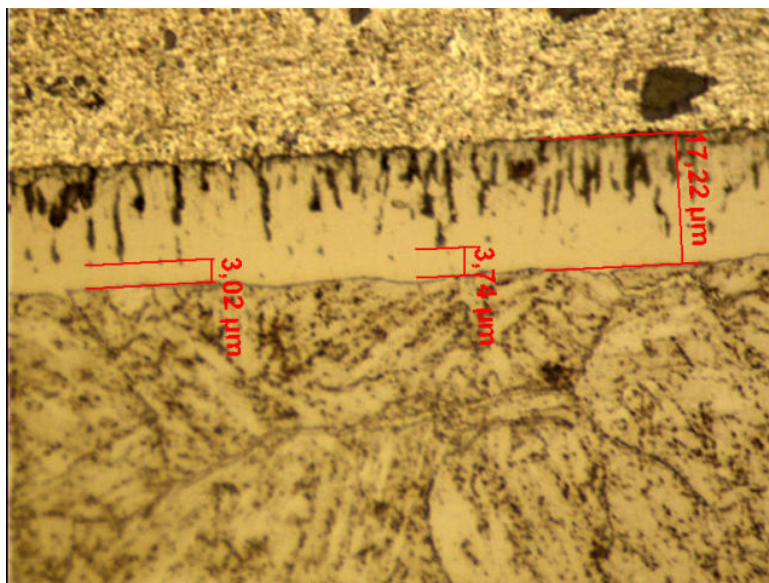
Karbonitridace šetří a svými výhodami plně nahrazuje klasickou nitridaci, cementaci a povrchové kalení. Korozní odolnost můžeme dále zvyšovat pomocí následného tepelného zpracování v oxidačních solných taveninách, které na povrchu nitridové vrstvy vytvářejí tenkou, ale kompaktní oxidovou vrstvu. Při kombinaci s leštěním a s impregnací mohou mít oxidované díly hladké, atraktivní černé povrchy, které umožňují dosahovat dramatického zlepšení korozní odolnosti až do 1 000 hodin při zkoušce v solné mlze, aniž by přitom docházelo ke ztrátě výše uváděných výhod. Typická teplota procesu se pohybuje v rozmezí 570 – 620 °C. Při nižší teplotě jsou podobně, jako u nitridace vrstvy lépe nasycené a kompaktnější, při vyšší teplotě jsou vrstvy silnější, avšak obsahují větší množství póru a jejich adheze na povrchu je horší. Optimální tloušťka sloučeninové vrstvy pro průmyslové aplikace je 10 – 25 µm, rychlost jejího růstu závisí na nitridačním čísle atmosféry, množství přidávaného uhlovodíku a teplotě. Obvykle se rychlost růstu sloučeninové vrstvy udává cca 0.05 mm/2-3 h. Karbonitridaci můžeme provádět v kapalném (solí) nebo plynném prostředí.

2.5.2.1 Plynné prostředí

Obsahuje částečně disociovaný čpavek a přídavek 5 - 10 % uhlovodíku (např. Propan). V případě ocelí s vyšším obsahem uhlíku (nad 0.4%) se však o karbonitridaci může jednat i tehdy, je-li používáno čistě nitridační atmosféry, protože uhlík do vrstvy difunduje z jádra materiálu a vytváří pak vrstvu karbonitridovanou.

2.5.2.2 Kapalného prostředí

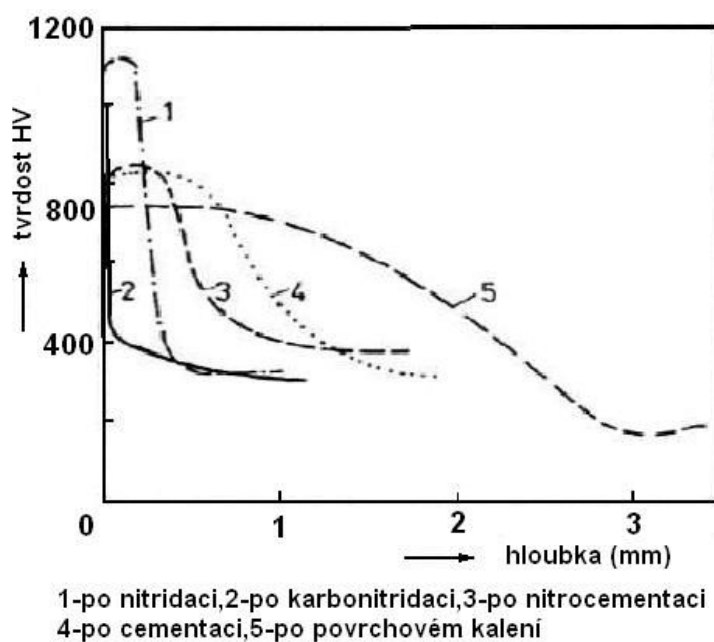
Je řešeno pomocí iontových kapalin. Díky svým provozním charakteristikám poskytuje karbonitridace v iontových kapalinách zpracovávaným dílům vynikající odolnost proti opotřebení, proti korozi a proti povrchové únavě.



Obr. č. 9 - Karbonitridační vrstva (500x, Nital)

2.5.3 Srovnání jednotlivých metod chemicko-tepelného zpracování:

Každá metoda chemicko-tepelného zpracování má své pro i proti a lze je srovnávat podle mnoha hledisek. Jedním takovým hlediskem může být třeba měření závislosti tvrdosti HV na vzdálenosti od povrchu materiálu. Což můžeme vidět na obrázku. Z tohoto obrázku je patrné, že při nitridaci můžeme dosáhnout velké tvrdosti povrchu materiálu, ale jen v malých hloubkách. Naproti tomu při povrchovém kalení je sice tvrdost povrchu nižší, zato dosahuje podstatně větší hloubky od povrchu.



Obr. č. 10 - Závislost tvrdosti HV na vzdálenosti od povrchu

3. Experimentální část

3.1 Jádru synchronní spojky



Obr. č. 11 - Jádru synchronní spojky

3.1.1 Měření tvrdosti

Povrchová vrstva karbonitridovaného povrchu jádra synchronní spojky byla měřena na přístroji WILSON WOLPERT 2100 za použití metody HV 0,5, kterou jsme naměřili hodnotu 529 Vickerse a metody HV 0,3 a naměřené hodnotě 540 Vickerse . Při takto malých silách jsme nepředpokládali, že by došlo k prolomení tenké karbonitridované vrstvy. Přístroj WILSON WOLPERT 2100 je vyobrazen na obrázku č. 12.



Obr. č. 12 - WILSON WOLPERT 2100

3.1.2 Metalografie

3.1.2.1 Odběr vzorku

Vzorek pro metalografii byl odebrán vyříznutím části materiálu za pomoci rozbrušovací pily **Struers Discotom 5** z místa, které se jevílo nejlépe vhodné k tomuto účelu. Jako řezný nástroj byla použita SiC abrazivní pila pro materiály pod 40 Hrc. Vzorek byl během řezání chlazen proudem vody, aby nedošlo k jeho znehodnocení vyhřátím.



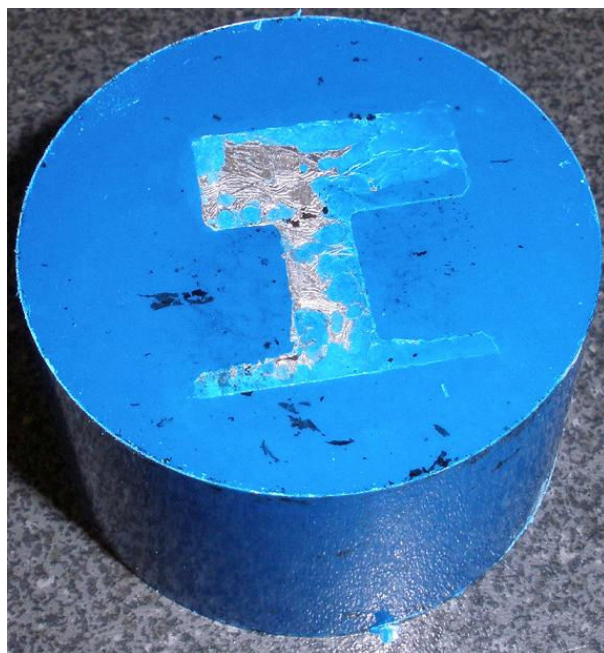
Obr. č. 13 - STRUERS DISCOTOM 5

3.1.2.2 Zalisování vzorku

Bylo provedeno zalisování za tepla. Vzorku jsme zalisovali do minerálním plnivem plněného epoxidu za pomoci BUEHLER SIMPLIMET 3000. Před vložením vzorku do pracovního válce jsme ho důkladně obalili alobalem, což pomohlo při broušení, kde se nám nelámala tenká karbonitridovaná vrstva. Poté byl vzorek vložen do pracovního válce, zasypán minerálním plnivem a uzavřen. Přístroj BUEHLER SIMPLIMET 3000 je automatický hydraulický lis na metalografické vzorky určený k zalisování vzorků do hmoty. Zalisování bylo provedeno tlakem 290 bar za teploty 180°C po dobu 7 minut. Poté následovalo ochlazení po dobu 10 minut, které bylo provedeno za pomoci vody.



Obr. č. 14 - BUEHLER SIMPLIMET 3000



Obr. č. 15 - Zalisovaný vzorek jádry synchronní spojky

3.1.2.3 Broušení a leštění

Na broušení i leštění byl použit poloautomatický stroj BUEHLER PHOENIX 4000. Broušení bylo prováděno za pomoci brusného papíru. Při výměně brusného papíru bylo nutné dokonale opláchnout vzorek i funkční části přístroje. K leštění bylo použito textilní plátno a speciální suspenze Polykrystalického diamantu s lubrikačním olejem. Za účelem přesného dávkování suspenze byl použit dávkovač suspenzí BUEHLER PRIMET 3000. Po vyleštění vzorku byl vzorek opláchnut lihem a vysušen. Průběh jednotlivých kroků použitých při broušení a leštění je zahrnut v tabulce č. 3.

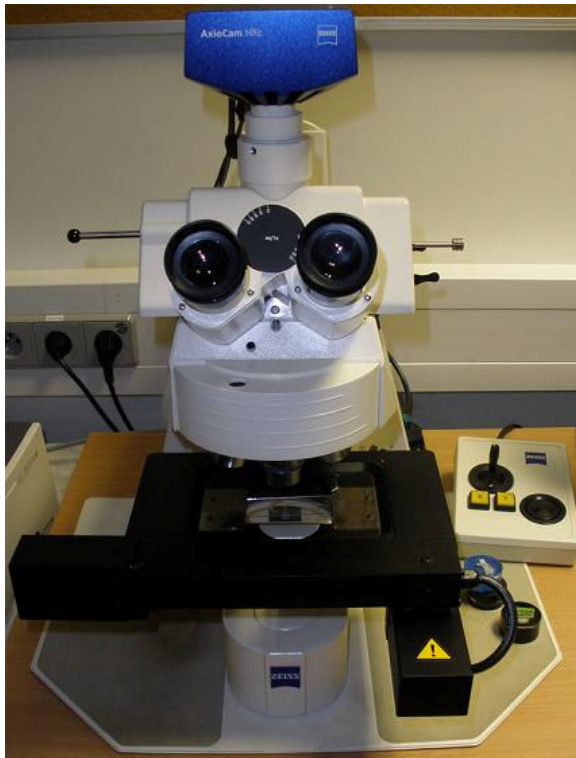
Tab. č. 3 - Broušení a leštění jádra synchronní spojky

č.kroku	operace	podložka	funkční médium	zrnitost / velikost abraziva (μm)	otáčky (ot.min-1)	čas kroku (min)	přítlačná síla na vzorek (lb)	směr
1	Rovinné broušení		voda	45	200	3	6,5	S
2	Leštění	textil	suspenze PK diamantu + lubrikační olej	9	150	3	6,5	S
3	Leštění	textil	suspenze PK diamantu + lubrikační olej	3	100	3	6,5	S
4	Leštění	textil	suspenze PK diamantu + lubrikační olej	1	100	3	6,5	P

3.1.2.4 Metalografické vyhodnocení

K celkovému vyhodnocení připraveného vzorku byl použit metalografický mikroskop ZEISS AXIOPLAN 2 připojený k počítači s nainstalovaným softwarem

AXIOVISION V.4.5. O snímání a přenos obrazu se starala kamera HRc KAMERA ZEISS AXIOCAM. Vzorek byl před pořízením snímků naleptán Nitalem (2% roztok kyseliny dusičné v alkoholu) pro zvýraznění jeho struktury. Snímky byly pořízeny při 50násobném, 500násobném a 1000násobném zvětšení.



Obr. č. 16 - ZEISS AXIOPLAN 2

3.1.3 Chemické složení

Bylo kontrolováno na přístroji SPECTROLAB M (SPECTRO AI), který je variantou opticko-emisního spektrometru s jiskrovým buzením. Vzorek se umístil do místa určeného k měření a byl pevně spojen s jednou elektrodou. Mezi vzorkem a druhou elektrodou proudí plyn (Ar), který vytváří příznivou atmosféru pro vznik výboje mezi vzorkem a druhou elektrodou. Obecně funguje přístroj na principu série elektrických výbojů, které bombardují povrch vzorku a uvádějí atomovou strukturu materiálu do stavu, kdy dochází k pohybu na elektronových drahách atomů jednotlivých prvků obsažených v matici. To je doprovázeno uvolněním části (fotonů) se specifickou energií matičních prvků, které jsou odváděny optovodiči do speciální optiky, kde dochází k difrakci na jednotlivé vlnové délky odpovídající daným obsaženým prvkům. Takto rozdělený signál je poté zpracován fotonásobiči (PMT) a softwarem v počítači na měřené intenzity resp. váhová množství.

Měření bylo provedeno celkem 3x pro přesnější vyhodnocení složení vzorku. Procentuální množství jednotlivých prvků je možno vidět v tabulce. Toto chemické složení odpovídá materiálu požadovaném výrobcem. Při porovnání s databází domácích ocelí nebyla nalezena shoda s užívanými materiály dle systému norem ČSN a jedná se tak o materiál zahraniční např. německá ocel C50.



Obr. č. 17 - SPEKTROLAB M

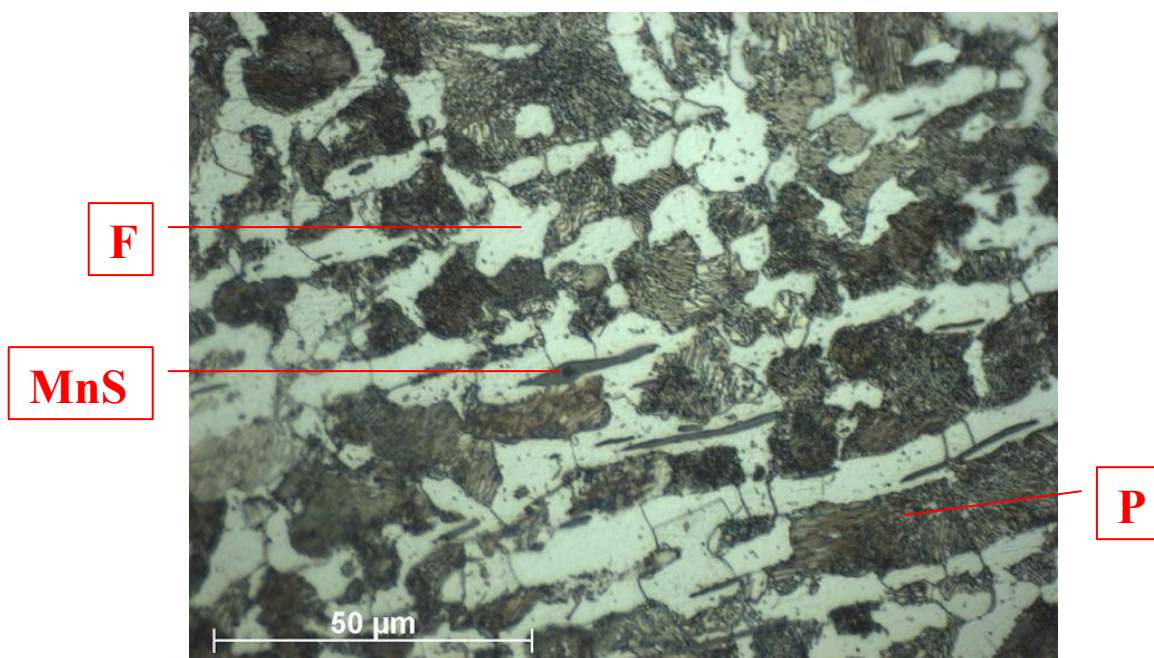
Tab. č. 4 - Chemické složení vzorku jádra synchronní spojky

č.	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
1	0,536	0,256	0,685	0,011	0,063	0,035	0,007	0,015
2	0,532	0,268	0,694	0,011	0,065	0,036	0,008	0,017
3	0,529	0,265	0,691	0,011	0,065	0,035	0,008	0,016
č.	Al [%]	Co [%]	Cu [%]	Nb [%]	Ti [%]	Sn [%]	B [%]	Fe [%]
1	0,014	0,010	0,036	0,001	0,001	0,003	0,002	97,800
2	0,015	0,010	0,038	0,001	0,001	0,003	0,005	97,800
3	0,014	0,010	0,038	0,001	0,001	0,003	0,006	97,900

3.1.4 Výsledky metalografie jádra synchronní spojky



Obr. č. 18 – 50x, BF, Nital, jádro

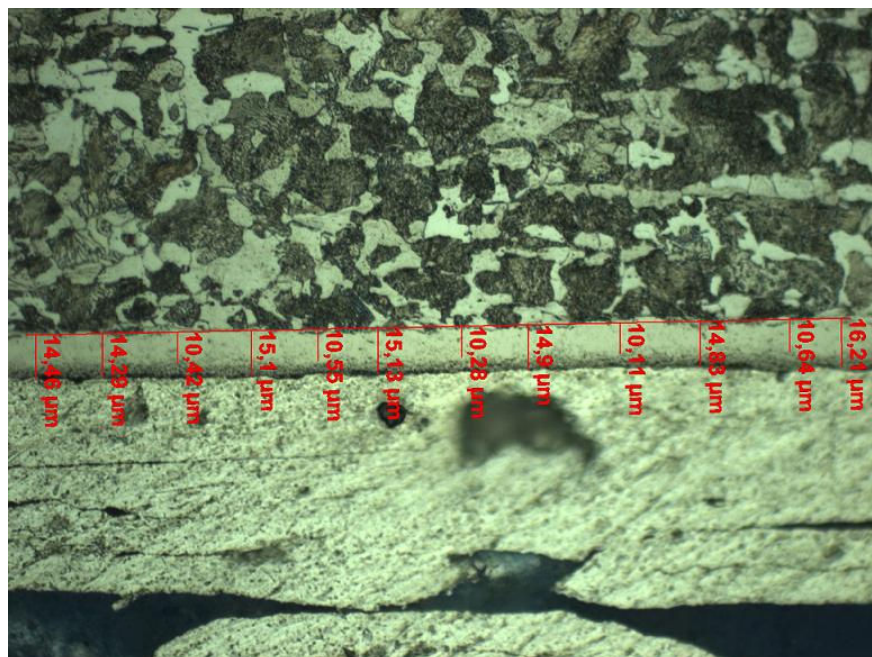


Obr. č. 19 - 1000x, BF, Nital, jádro

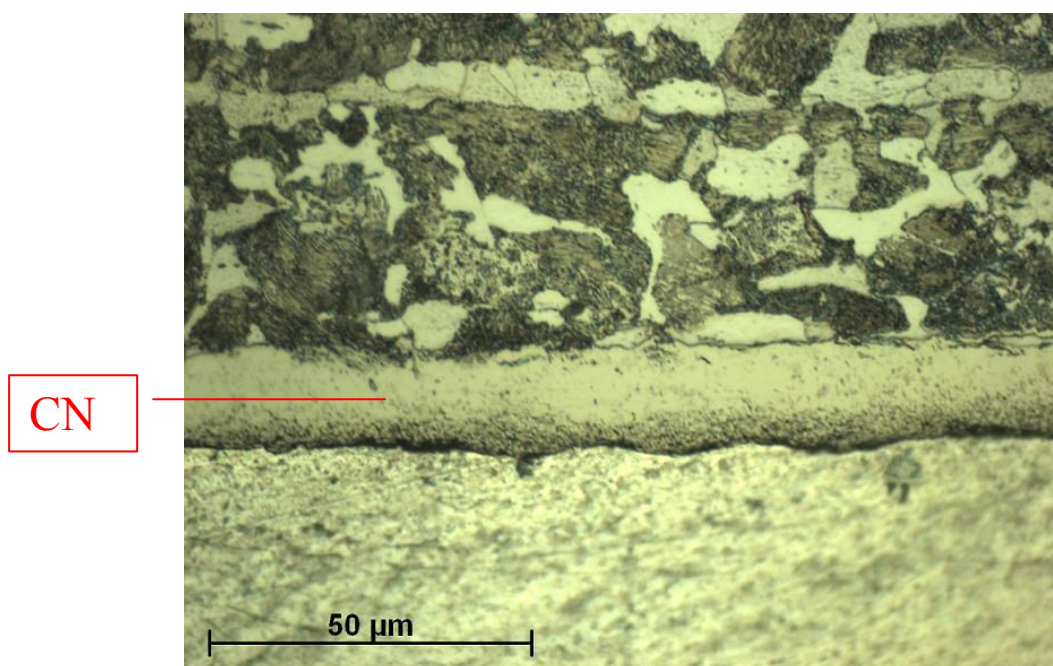
U obrázků č. 18 a č. 19 se jedná o snímky z jádra broušeného, leštěného a leptaného vzorku pořízeného z jádra synchronní spojky. Směr zrn ve struktuře stále kopíruje směr tváření polotovaru. Vzhledem k použité teplotě při procesu karbonitridace lze pozorovat pouze strukturu tvořenou lamelárním perlitem (P) a železem α , feritem (F).

Na obrázku č. 19 jsou při tisícinásobném zvětšení patrné vměstky pravděpodobně sulfidů manganu (MnS).

3.1.5 Měření karbonitridované vrstvy jádra synchronní spojky



Obr. č. 20 - 500x, Nital, CN vrstva



Obr. č. 21 - 1000x, Nital, CN vrstva

Bylo provedeno měření tloušťky karbonitridované vrstvy (CN). Výsledky jsou uloženy v tabulce č. 5. Tloušťku vrstvy jsem stanovil jako průměrnou hodnotu jednotlivých měření s výsledkem 14,99 μm.

Samotná karbonitridovaná vrstva se skládá z neporézní (světlé) části tvořené karbonitridy a okrajové tmavší části, která je zasažená oxidací a tvoří ji oxykarbonitridy. Na povrchu základního materiálu je sice pozorovatelný rozdíl ve velikosti a složení zrna základního materiálu způsobená použitým tepelným zpracováním, ale žádná podstatná oblast difúze do materiálu (uhlík, dusík) nebyla metalograficky pozorována.

Dále byla měřena tloušťka vrstvy, která není ovlivněna (nebo jen velmi málo) oxidací. Tab. č. 6. Karbonitridace je využívána v hojné míře v Německu (zejména v automobilovém průmyslu). Vyznačuje se výbornými otěruvzdornými a korozivzdornými vlastnostmi. Povrch je černý a lesklý.

Tab. č. 5 - Tloušťka karbonitridované vrstvy

měření č.	1	2	3	4	5	6	7
naměřená tloušťka	16,21	14,83	14,9	15,13	15,1	14,29	14,46
průměr vrstvy [μm]	14,99						

Tab. č. 6 - Tloušťka karbonitridované vrstvy bez vlivu oxidace

měření č.	1	2	3	4	5
naměřená tloušťka	10,64	10,11	10,28	10,55	10,42
průměr vrstvy [μm]	10,40				

3.2 Talířové kolo



Obr. č. 22- Talířové kolo

3.2.1 Měření tvrdosti

Povrchová vrstva cementovaného talířového kola byla měřena na přístroji INSTRON MRD 600 za použití metody HRC. Touto metodou jsme naměřili tvrdost 58 HRC. Přístroj INSTRON MRD 600 je vyobrazen na obrázku č. 23.



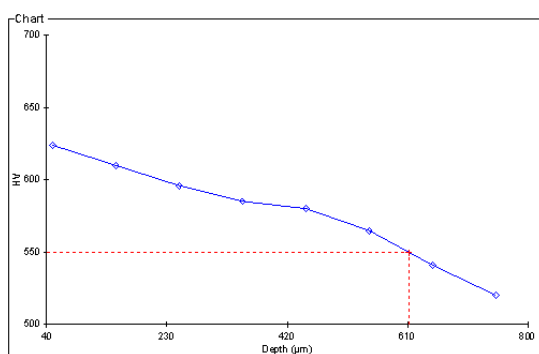
Obr. č. 23 - INSTRON MRD 600

3.2.2 Měření EHT

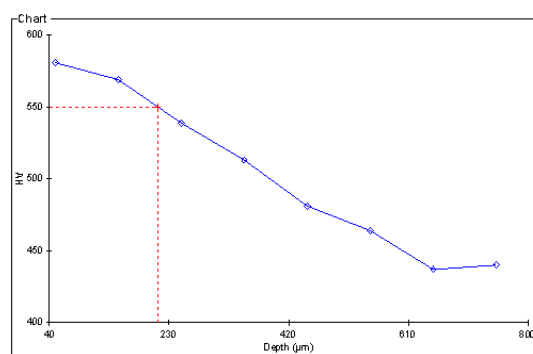
Pro měření EHT byl použit plně automatický tvrdoměr WILSON WOLPERT 2100, řízený softwarově pro jednotlivé funkce měření tvrdosti a mikrotvrdosti, využívající k vyhodnocení hodnot tvrdosti, jak vizuálního/manuálního způsobu odměřování operátorem, tak plně automatické obrazové analýzy. Speciální držák pro metalografické vzorky umožňuje zachovat pozici vzorku pro opakovaná měření v definované poloze. Takto upnutý vzorek je zobrazen na obrázku č. 24. Získaná data byla vložena do grafu (obr. č. 25 a 26) a z nich pak odečtena hodnota EHT.



Obr. č. 24 - Upnutí vzorku pro měření EHT



Obr. č. 25 - Měření EHT na vrcholu zubu



Obr. č. 26 - Měření EHT na dně zubu

Vyhodnocení: při měření EHT na vrcholu zubu (obr. č. 25) byla naměřena hodnota tvrdosti 550 HV v hloubce 612 μm, zatím co při měření EHT u dna zubu (obr. č. 26) byla tato hodnota dosažena již v hloubce 213 μm. Tento rozdíl přisuzuji tomu, že jsme řez vzorku neprovedli podél zubu, nýbrž kolmo na plochou část talířového kola. A protože se jedná o čelní soukolí se šikmými zuby, je zub sloněn o určitý úhel α a tudíž

jsme dosáhli 550 HV ve větší hloubce. Po vypočítání úhlu, který odpovídá naměřeným hodnotám, vychází $\alpha \approx 20^\circ$. Což odpovídá úhlu sklonu zubů talířového kola.

3.2.3 Metalografie

3.2.3.1 Odběr vzorku

Vzorek pro metalografii byl odebrán vyříznutím části materiálu za pomoci rozbrušovací pily Struers Discotom 5 z místa, které se jevílo nejlépe vhodné k tomuto účelu. Jako řezný nástroj byla použita abrazivní pila pro ocelové materiály nad 56 HRc. Vzorek byl během řezání chlazen proudem vody, aby nedošlo k jeho znehodnocení vyhřátím.

3.2.3.2 Zalisování vzorku

Bylo provedeno zalisování za tepla. Vzorek jsme zalisovali do epoxidové pryskyřice za pomoci BUEHLER SIMPLIMET 3000. Vzorek byl vložen do pracovního válce, zasypán epoxidovou pryskyřicí a uzavřen. Přístroj BUEHLER SIMPLIMET 3000 je automatický hydraulický lis na metalografické vzorky určený k zalisování vzorků do hmoty. Zalisování bylo provedeno tlakem 290 bar za teploty 180°C po dobu 7 minut. Poté následovalo ochlazení po dobu 10 minut, které bylo provedeno za pomoci vody.



Obr. č. 27 - Zalisovaný vzorek jádra synchronní spojky

3.2.3.3 Broušení a leštění

Na broušení i leštění byl použit poloautomatický stroj BUEHLER PHOENIX 4000 Broušení bylo prováděno za pomoci SiC papíru. Při výměně SiC papíru bylo nutné dokonale opláchnout vzorek i funkční části přístroje. K leštění bylo použito textilní plátno a speciální suspenze Polykristalického diamantu s lubrikačním olejem. Za účelem přesného dávkování suspenze byl použit dávkovač suspenzí BUEHLER PRIMET 3000. Po vyleštění vzorku byl vzorek opláchnut lihem a vysušen. Průběh jednotlivých kroků použitých při broušení a leštění je zahrnut v tabulce č. 7 .

Tab. č. 7- Broušení a leštění vzorku talířového kola

č.kroku	operace	podložka	funkční médium	zrnitost / velikost abraziva [μm]	otáčky (ot.min-1)	čas kroku (min)	přítlačná síla na vzorek (lb)	směr
1	Rovinné broušení	SiC papír	voda	70	200	3	7	S
2	Leštění	textil	suspenze PK diamantu + lubrikační olej	9	150	3	7	S
3	Leštění	textil	suspenze PK diamantu + lubrikační olej	3	100	3	7	S

3.2.3.4 Metalografické vyhodnocení

K celkovému vyhodnocení připraveného vzorku byl použit metalografický mikroskop ZEISS AXIOPLAN 2 připojený k počítači s nainstalovaným softwarem AXIOVISION V.4.5. O snímání a přenos obrazu se starala kamera HRc KAMERA ZEISS AXIOCAM. Vzorek byl před pořízením snímků naleptán Nitalem (2% roztok kyseliny dusičné v alkoholu) pro zvýraznění jeho struktury. Snímky byly pořízeny při 50tinásobném, 500násobném a 1000násobném zvětšení.

3.2.4 Chemické složení

Bylo kontrolováno na přístroji SPECTROLAB M (SPECTRO AI), který je variantou opticko-emisního spektrometru s jiskrovým buzením. Vzorek se umístil do místa určeného k měření a byl pevně spojen s jednou elektrodou. Mezi vzorkem a druhou elektrodou proudí plyn (Ar), který vytváří příznivou atmosféru pro vznik výboje mezi vzorkem a druhou elektrodou. Zevšeobecně funguje přístroj na principu série elektrických výbojů, které bombardují povrch vzorku a uvádějí atomovou strukturu materiálu do stavu, kdy dochází k pohybu na elektronových drahách atomů jednotlivých prvků obsažených v matici. To je doprovázeno uvolněním částí (fotonů) se specifickou

energií matičních prvků, které jsou odváděny optovodiči do speciální optiky, kde dochází k difrakci na jednotlivé vlnové délky odpovídající daným obsaženým prvkům. Takto rozdělený signál je poté zpracován fotonásobiči (PMT) a softwarem v počítači na měřené intenzity resp. váhová množství .

Měření bylo provedeno celkem 3x pro přesnější vyhodnocení složení vzorku. Procentuální množství jednotlivých prvků je možno vidět v tabulce. Toto chemické složení opět odpovídá materiálu požadovaném výrobcem a sice cementační oceli legované niklem. Při porovnání s databází domácích ocelí nebyla nalezena shoda s užívanými materiály dle systému norem ČSN a jedná se tak opět o materiál zahraniční např. německá ocel 17NiCrMoS6-4.

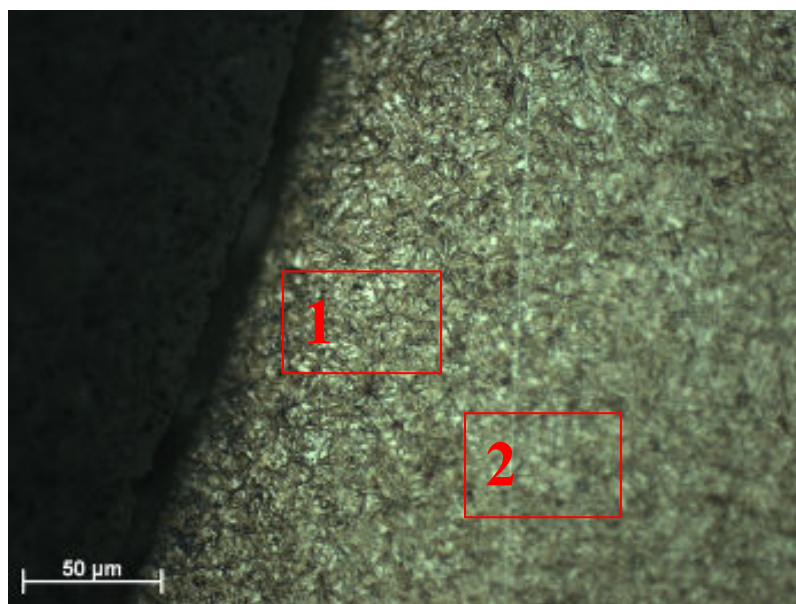
Tab. č. 8 - Chemické složení vzorku talířového kola

č.	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
1	0,199	0,108	0,762	0,009	0,025	0,771	0,310	1,597
2	0,199	0,107	0,746	0,009	0,026	0,760	0,300	1,576
3	0,204	0,107	0,757	0,009	0,024	0,763	0,297	1,548
č.	Al [%]	Co [%]	Cu [%]	Nb [%]	Ti [%]	Sn [%]	B [%]	Fe [%]
1	0,016	0,010	0,017	0,001	0,001	0,001	0,001	96,000
2	0,016	0,010	0,017	0,001	0,001	0,001	0,001	96,100
3	0,016	0,010	0,017	0,001	0,001	0,001	0,005	96,000

3.2.5 Výsledky metalografie talířového kola



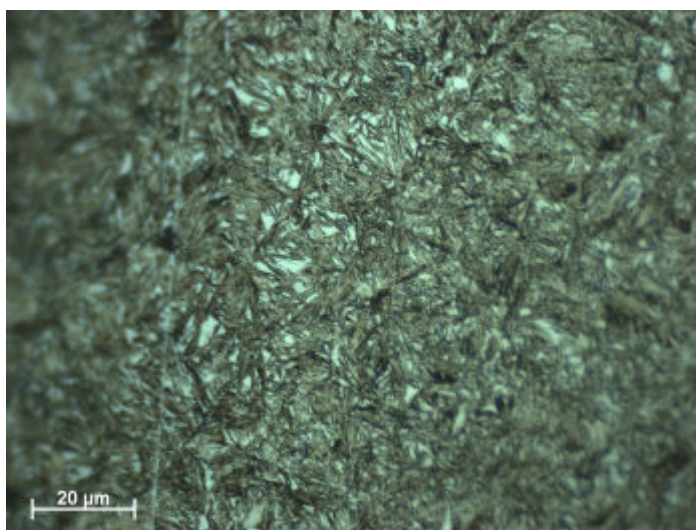
Obr. č. 28 - 100x, Nital, celkový pohled



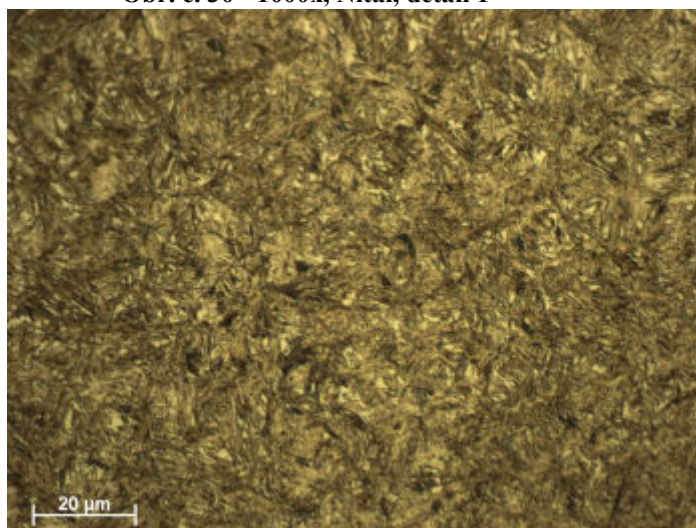
Obr. č. 29 - 500x, Nital, místa detailů

Pro vyhodnocení cementace talířového kola jsme vybrali místo na straně ozubení, které je zobrazeno na obrázku č. 28. Je zde vidět postupný přechod od nauhličené vrstvy, až do jádra materiálu, které nebylo ovlivněno difuzí. Při dalším zvětšení, bylo možné pozorovat kraj cementace. Je zde především hrubší martenzit se zbytkovým austenitem a precipitované karbidy železa. Pro další hodnocení jsme provedli dva detaily z kraje cementace.

3.2.5.1 Detaily kraje cementace



Obr. č. 30 - 1000x, Nital, detail 1



Obr. č. 31 - 1000x, Nital, detail 2

Na detailu 1 (obr. č. 30) vystupují bílá políčka železa γ (zbytkového austenitu) a karbidů. Přítomnost zbytkového austenitu lze přičíst vyšší koncentraci uhlíku a především gradientu ochlazování při kalení, kdy na povrchu je rychlost ochlazování nejvyšší a přeměna austenitu na martenzit je neúplná. Z přiložených diagramů transformace austenitu při kalení (viz příloha, materiálové listy) lze pak kritickou oblast najít.

Detail 2 (obr. č. 31) již vyobrazuje oblast jemného vysokouhlíkového martenzitu v tetragonálním uspořádáním.

4. Závěr

V práci bylo využito poznatků o aplikovaném tepelném zpracování ve firmě ŠKODA AUTO a.s., které je používáno pro chemicko tepelné zpracování jádra synchronní spojky a talířového kola.

Pro ověření výsledků procesu chemicko tepelného zpracování bylo použito metod metalografické analýzy a měření tvrdosti v souladu s dodanými předpisy a údaji dodavatele.

Z naměřených výsledků byla zjištěna shoda při použití požadovaných materiálů adekvátních pro předepsané chemicko tepelné zpracování a rovněž výsledky vlastní analýzy potvrzují správnost provedeného procesu z hlediska tloušťky karbonitridované vrstvy (vzorek jádra synchronní spojky), hloubky (Eht) cementační vrstvy (vzorek kola), povrchových tvrdostí a tvrdostí jádra.

Ze zjištěných údajů nevyplývá žádná potřeba optimalizace nebo dokonce změny procesu, avšak informace k aplikaci dílců nejsou úplné, není tudíž vyloučeno, zda např. přítomnost zbytkového austenitu v oblasti funkčních ploch zubů nebude při použití vést k dodatečné přeměně zbytkového austenitu na martenzit, doprovázený změnou rozměrů (geometrie) při nastalé skluzové deformaci mřížky. Zde by se v tomto případě dal optimalizovat proces dodatečným zmrazováním apod.

5. Seznam použité literatury

- [1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. *Norm EN ISO 2639:2003-04*. Berlin
- [2] <http://www.skolahostivar.cz/>
- [3] PLUHAŘ, J. a kol.: *Nauka o materiálech*. SNTL Praha 1989
- [4] PTÁČEK, L. a kol.: *Nauka o materiálu I*, CERM 2003
- [5] PTÁČEK, L. a kol.: *Nauka o materiálu II*, CERM 2002
- [6] SAMUELS, Leonard E. *Light microscopy of carbon steels*. Materials Park, Ohio : ASM International, 1999. 501 s. ISBN 0-87170-655-5.
- [7] PARRISH, Geoffrey. *Carburizing : Microstructures and Properties*. 1st edition. Materials Park, Ohio : ASM International, 1999. 247 s. ISBN 0-87170-666-0.
- [8] *ASM Handbook Vol.4 : Heat treating*. 2. vyd. Materials Park, Ohio : ASM International, 1997. 1012 s. ISBN 0-87170-379-3.

PŘÍLOHY

Seznam příloh

- Příloha 1 – materiálový list jádra synchronní spojky
- Příloha 2 – výrobní postup jádra synchronní spojky
- Příloha 3 – chemické složení jádra synchronní spojky
- Příloha 4 – materiálový list talířového kola
- Příloha 5 – výrobní postup talířového kola
- Příloha 6 – chemické složení talířového kola

Příloha 1 – materiálový list jádra synchronní spojky

Klass.-Nr. 51 32 1		May 2005
VOLKSWAGEN AG	Unalloyed Quenched and Tempered Steel Material Requirements	TL 1356
Konzernnorm		
<p>Descriptors: quenched and tempered steel, unalloyed, steel, synchronizer hubs</p> <p>Changes The following changes have been made as compared to Technical Supply Specification TL 1356, 1999-06: – Referenced standards updated</p> <p>Previous issues TL 1354 S: 1958-09, 1960-12, 1961-10, 1962-06, 1964-11, 1967-06, 1976-07, 1978-07, 1986-04. TL 1356: 1986-04, 1992-05, 1999-06</p> <p>1 Scope This Technical Supply Specification (TL standard) defines the material requirements for unalloyed quenched and tempered steel, e.g. for synchronizer hubs.</p> <p>2 Requirements</p> <p>2.1 General requirements Approval of first supply and changes according to Volkswagen standard VW 011 55. Avoidance of hazardous substances according to VW 911 01. Unless otherwise required by this Technical Supply Specification, the quality specifications of DIN EN 10083-2 are valid as relevant for the steel specified herein.</p> <p>2.2 Smelting process Electric steel-making process or basic oxygen steel-making process</p> <p>2.3 Grade Stainless steel</p> <p>2.4 Shape of application Forgings, steel bars</p>		
Fachverantwortung/Responsibility K-QS-32/1 Dr. Reinhold Tel: -990537 Dr. Eisenberg		Normung/Standards (EZTD, 1733) Frau Hager-Suß Tel: +49-5361-9-49035 Sobanski

The English translation is believed to be accurate. In case of discrepancies the German version shall govern.

Norm vor Anwendung auf Aktualität prüfen / Check standard for current issue prior to usage.

QUELLE: NOLIS

Form EE 41 - 01.05

Page 1 of 3

Confidential. All rights reserved. No part of this document may be transmitted or reproduced without prior permission of a Standards Department of the Volkswagen Group.
Parties to a contract can only obtain this standard via the B2B supplier platform "www.vwgroupsupply.com".

© VOLKSWAGEN AG

Příloha 1 – materiálový list jádra synchronní spojky

Page 2
TL 1356: 2005-05

2.5 Chemical composition in weight percent

See Table 1.

Table 1

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.50 to 0.55	0.15 to 0.35	0.65 to 0.90	≤ 0.035	0.060 to 0.080	≤ 0.2

2.6 Structure and physical properties

2.6.1 Microscopic purity grade

A₄ B₂ C₁ D₁;

according to JK scale (Jernkontoret's inclusion chart – Svensk Standard 111116 "Method for assessment of the content of non-metallic inclusions").

2.6.2 Macroscopic purity grade

Free of cracks and rolled slag lines, bar material must be suitable for forging.

2.6.3 Total characteristic value K (oxides)

For each individual melting charge. Test according to DIN 50602.

- Ø 50 mm K₄ ≤ 30
- Ø 51 mm to 130 mm K₄ ≤ 40

2.7 Hardenability

End quenching test according to DIN EN ISO 642.

J₁₀ at 830 °C/30 min: 26 to 34 HRC

Příloha 1 – materiálový list jádra synchronní spojky

Page 3
TL 1356: 2005-05

2.8 Structure and tensile strength

See Table 2.

Table 2

As-received condition acc. to release	Structure	Tensile strength N/mm ²
normalized	lamellar pearlite, ferrite content > 15%; no distinct banded structure	690 to 810
coarse-grain annealed	lamellar pearlite, ferrite content > 15%; grain size acc. to ASTM E112: 1 to 4	690 to 810
forged-pearlitic ¹⁾	pearlite, ferrite content > 10%; grain size acc. to ASTM E112: 2 to 6	690 to 810
rolled pearlitic ¹⁾	generally only for dimensions > 40 mm Ø pearlite, ferrite content > 10%; desired grain size 2 to 6 acc. to ASTM E112	690 to 840
quenched and tempered	-	acc. to drawing
as-rolled	no requirements	no requirement

¹⁾ Air-cooling controlled by hot working heat.

3 Referenced standards^{*)}

VW 011 55	Vehicle Supply Parts; Approval of First Supply and Changes
VW 911 01	Environmental Standard for Vehicles; Vehicle Parts, Materials, Operating Fluids; Avoidance of Hazardous Substances
DIN 50602	Metallographic Examination; Microscopic Examination of Special Steels using Standard Diagrams to Assess the Content of Non-Metallic Inclusions
DIN EN 10083-2	Quenched and Tempered Steels, Part 2: Technical Delivery Conditions for Non-Alloy Steels
DIN EN ISO 642	Steel; Hardenability Test by End Quenching (Jominy Test)
ASTM E 112	Standard Test Method for Determining Average Grain Size

^{*)} In this section, terminological inconsistencies may occur as the original titles are used.

Příloha 2 – výrobní postup jádra synchronní spojky

VÝROBNÍ POSTUP pro závod 31 a verzi 1

Platnost postupu od:
Naposledy editováno:

Strana: 1/1

Číslo dílu: 02T311244A

Název dílu JADRO SYN.SP.5.R

Číslo operace 90 J

Krok : 10 Takt: 90

Nářadí:

Alt.Druh nářadí
Parametry

Název

Lwt

přípravek

Kod

Množství

1

Stroje:

AltStroj

IPSEN

IPSEN

Text

Název

karbonitridační pec

karbonitridační pec

Inventární číslo

46121-070

46121-072

Na 2 patra přípravku narovnat rovnoměrně 3 až 5 dávek jader synchr. spojky. Způsob nakládání dle obrazové přílohy k výrobnímu postupu. Počet kusů může být snížen o vyřazené neshodné díly na předchozích operacích.

V peci proběhne automatický cyklus zavezení do komory pece, předoxidace, ohřev na požadovanou teplotu, karbonitridace, vyvezení do předkomory a ochlazení v kalícím oleji TK-46 dle nastaveného programu č. 40.
90°C - teplota oleje, tolerance $\pm 5^{\circ}\text{C}$

Nastavení průtokoměru ENDO:

po dosažení karbonitridační teploty

5 Nm³/hod (rosný bod na endogenerátoru +4 až +6°C)

Nastavení průtokoměru čpavku:

5 Nm³/hod

Momentální hodnoty průtoků ENDO a čpavku se mohou pohybovat +1 -1,5 Nm³/hod od nastavených hodnot.

Nastavení průtokoměru překontrolovat vždy po navedení nové vsázky do pece - bez zaznamu.

Po ukončení procesu tepelného zpracování je přípravek automaticky vyvezen z pece.

Příloha 2 – výrobní postup jádra synchronní spojky

[illegible]

Příloha 3 – chemické složení jádra synchronní spojky

Program: FE-11

29.11.2009 14:53:58

Pozn.: Nizkolegovana ocel-male vz 12584/00

Jedno jiskření

Prvky: Koncentrace

Vzorek:
Jakost: 16220

c.vykresu:
Operátor:

c.prijemky:
Poznámka:

Zádný	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %
1	0.536	0.2560	0.685	0.0105	0.0627	0.0345	0.0072	0.0149
2	0.532	0.2677	0.694	0.0107	0.0651	0.0360	0.0075	0.0172
3	0.529	0.2648	0.691	0.0113	0.0653	0.0353	0.0079	0.0163
Zádný	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %	W %	Pb %
1	0.0136	<0.0100	0.0359	<0.0010	0.0013	<0.0010	<0.0100	<0.0020
2	0.0148	<0.0100	0.0379	0.0012	0.0014	<0.0010	<0.0100	<0.0020
3	0.0142	<0.0100	0.0375	<0.0010	0.0013	<0.0010	<0.0100	<0.0020
Zádný	Sn %	B %	N %	Fe %				
1	0.0029	0.0021	>0.0240	97.8				
2	0.0030	0.0054	>0.0240	97.8				
3	0.0030	0.0055	>0.0240	97.9				

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Klass.-Nr. 51 311
březen 2005

VOLKSWAGEN AG	Cementační ocel, legovaná Ni Požadavky na materiál	TL 4521											
Konzernnorm													
Klíčová slova: Einsatzstahl [cementační ocel], Triebatz [pohonná jednotka], Welle [hřídel], Gangrad [převodové kolo], Getriebe [převodovka]													
Změny Oproti TL 4521:2004-10 byly provedeny následující změny: – změněn obsah hliníku													
Dřívější vydání 1977-04, 1978-07, 1980-03, 1980-09, 1984-05, 1985-03, 1986-04, 1991-11, 1992-12, 1993-07, 1998-10, 2000-05, 2000-06, 2002-02, 2003-10, 2004-10													
1 Oblast použití Tato TL stanovuje požadavky na materiál na Ni legovanou cementační ocel např. pro pohonné jednotky, hřídele a převodová kola.													
2 Požadavky													
2.1 Základní požadavky Schválení první dodávky a změny dle VW 011 55. Vyloučení použití škodlivých látek dle VW 911 01. Pokud tato TL nestanoví žádné jiné požadavky, platí pro tuto jmenovanou ocel kvalitativní vlastnosti dle DIN EN 10084.													
2.2 Způsob tavení Elektromagneticky míchaná plynule litá ocel z elektrooceli, odplyněná nebo LD-ocel, odplyněná.													
2.3 Forma použití Výkovky, tyčová ocel													
2.4 Chemické složení v hmotnostních % Viz tabulka 1.													
Tabulka 1													
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	O ₂	Ni	Ti	Al	Ca ¹⁾	Cu + 10xSn	N ²⁾
0,15 až 0,23	≤ 0,12	0,50 až 0,80	≤ 0,035	0,025 až 0,035	0,65 až 0,85	0,28 až 0,38	≤ 0,0025	1,5 až 1,9	≤ 0,0050	0,015 až 0,040	+	≤ 0,5	≤ 0,015
1) zlepšující obrobiteľnosť 2) poměr Al / N musí být minimálně 2:1													
Fortsetzung Seite 2 bis 7													
Fachverantwortung/Responsibility EFVR Schober Tel: -78275								Normung/Standards (EZTD, 1733) Klomp Tel: +49-5361-9-75357 Sobanski					
<small> Vertraulich. Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe oder Vervielfältigung ohne vorherige Zustimmung einer Normenabteilung des Volkswagen Konzerns nicht gestattet. Vertragspartner erhalten die Norm nur über die B2B Lieferantenplattform „www.vwgroupsupply.com“. Důvěrné. Všechna práva vyhrazena. Rozšiřování nebo rozmnožování bez předcházejícího písemného odsouhlasení firmy Volkswagen AG je zakázáno. Smluvní partner obdrží normu pouze prostřednictvím útvaru nákupu. </small>													

Informace: Útvar TR/1
tel. 420-326-815443

© VOLKSWAGEN AG

QUELLE: NOLIS

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 2
TL 4521: 2005-03

2.5 Struktura a charakter

2.5.1 Stupeň čistoty

- Mikroskopický stupeň čistoty dle JK škály
A₂ B₂ C₁ D₁
- Celková suma charakteristické hodnoty K4-hodnoty oxidů
50 mm Ø : K4 ≤ 30
51 až 130 mm Ø : K4 ≤ 40
- Makroskopický stupeň čistoty:
Bez trhlin a vyválnových struskových rádků, tyčový materiál musí být vhodný pro kování.

2.5.2 Velikost zrna

Po austenitizaci 5h při 950 °C musí být velikost zrna po zakalení 5 a jemnější dle ASTM E 112.

2.6 Vlastnosti

2.6.1 Kalitelnost dle VDEh-výpočtový vzorec

Viz příloha A.

J10 = 30 + 16 HRC

Rozpětí předpisu může být zúženo na nejvýše 4 HRC a musí být stanoveno v objednávacím předpisu stejně jako ve výkresu polotovaru.

Relevantní je výpočet bazírující na analýze tavení.

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 3
TL 4521: 2005-03

2.6.2 Struktura a pevnost v tahu

Viz tabulka 2.

Tabulka 2

Stav dodávky odpovídající uvolnění		Struktura	Pevnost v tahu N/mm ²
BG	BG-S	pro výkovky: ferit a perlit ¹⁾	500 až 650
	BG-Z	pro tyčovou ocel k obrábění: ferit a perlit, ≤ 5% bainit ¹⁾	
	BG-K	pro tyčovou ocel k lisování za studena: ferit a perlit, ≤ 5% popuštěný bainit ^{2) 1)}	
IG (izotermicky žíhaný)		pro tyčovou ocel k obrábění: ≥ 40% předeutektoidní ferit, perlit, ne popuštěný bainit, stopy martenzitu v jádro ¹⁾	550 až 750
BF		žádné požadavky	550 až 750
GKZ		pro tyčovou ocel k lisování za studena: GKZ ne přes stupeň martenzitu (volný ferit) ¹⁾ stupeň vytváření ≥ 80%	≤ 630
U		žádné požadavky	≤ 1 200
C		žádné požadavky	≤ 850
¹⁾ Primární řádkovitost není žádoucí. ²⁾ Popouštění se provádí pro vyloučení ševrů při lisování za studena. V této souvislosti je nutno dbát také na stupeň tváření za studena.			

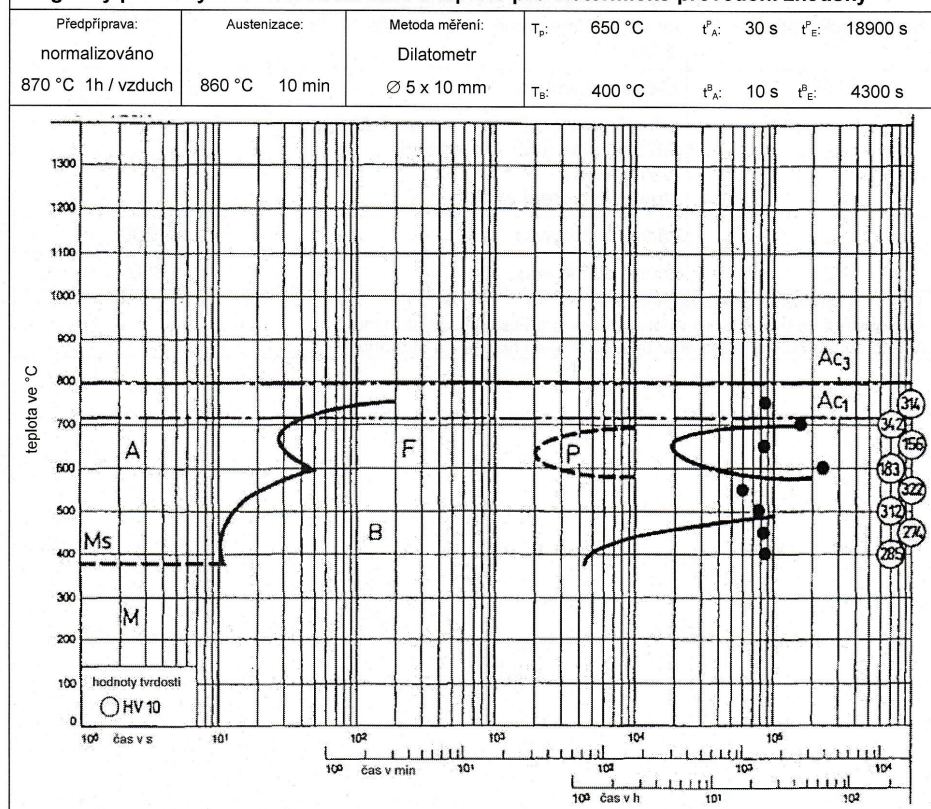
Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 4
TL 4521: 2005-03

2.7 Diagramy přeměny v závislosti na čase a teplotě viz obrázek 1 a 2

													1.6757.30										
Chemické složení (obsah hmoty v %)																							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Al	B	Co	Ta Nb	Ti	N ₂								
0,23	0,06	0,68	0,017	0,027	0,77	0,31	1,50	<0,01	<0,01	0,036	<0,0004	<0,01	<0,01	≤0,01	0,012								
Číslo šarže:					Tavba:					Odlévání:				Datum zkoušky:									
535 466					pec LD					kontinuální				8.91									
Body přechodu:																							
A _{C1} /X _C X _B :				717 °C				A _{C3} /X _C X _B :				797 °C				Ms: (377) °C				Mi: _____ °C			
Velikost zrn austenitu podle ASTM										Poznámka:													
Obr.: 8 ≤ 8										Odběr zkušební vzorku z Ø 16,3 mm													

Diagramy přeměny v závislosti na čase a teplotě pro izotermické provedení zkoušky

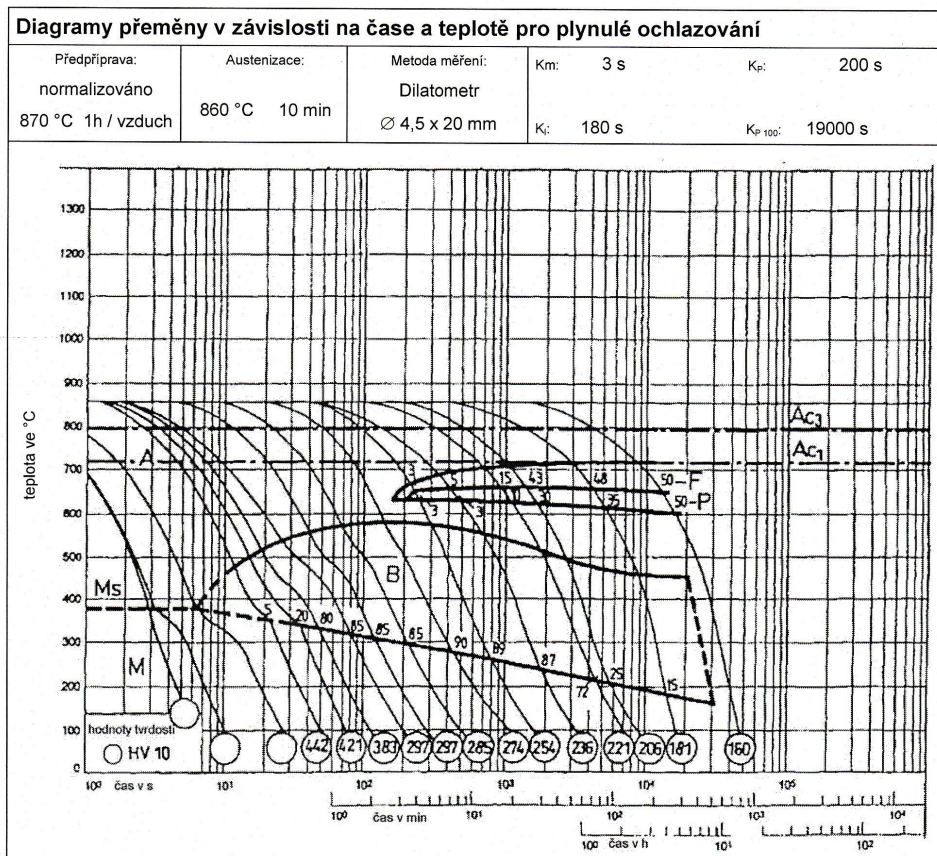


Obrázek 1

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 5
TL 4521: 2005-03

														1.6757.30			
Chemické složení (obsah hmoty v %)																	
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Al	B	Co	Ta Nb	Ti	N ₂		
0,23	0,06	0,68	0,017	0,027	0,77	0,31	1,50	<0,01	<0,01	0,036	<0,0004	<0,01	<0,01	≤0,01	0,012		
Číslo šarže:					Tavba:				Odlévání:					Datum zkoušky:			
535 466					pec LD				kontinuální					8.91			
Body přechodu:																	
A _{C1} /X _C .X _B :		717 °C		A _{C3} /X _C .X _B :		797 °C		Ms:		(377) °C		Mi:		----- °C			
Velikost zrn austenitu podle ASTM					Poznámka:												
Obr.: 8 ≤ 8					Odběr zkušební vzorku z Ø 16,3 mm												



Obrázek 2

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 6
TL 4521: 2005-03

3 Spoluplatící dokumenty

VW 011 55	Fahrzeug-Zulieferteile allgemein; Genehmigung von Erstlieferung und Änderung [Dodávané díly vozidla všeobecně; Schválení první dodávky a změny]
VW 911 01	Umweltnorm Fahrzeug, Fahrzeugteile, Werkstoffe, Betriebsstoffe; Schadstoffvermeidung [Norma na ochranu životního prostředí pro vozidlo, díly vozidla, materiály, provozní látky; Vyloučení škodlivých látek]
DIN EN 10084	Einsatzstähle; Technische Lieferbedingungen [Cementační oceli; Technické dodací podmínky]
ASTM E 112	Standard Test Method for Determining Average Grain Size [Standardní zkušební metoda pro stanovení velikosti zrn]
SEP 1664	Ermittlung von Formeln durch multiple Regression zur Berechnung der Härtebarkeit im Stirnabschreckversuch aus der chemischen Zusammensetzung von Stählen [Určení vzorců několikanásobnou regresí k výpočtu kalitelnosti v čelní zkoušce prokalitelnosti z chemického složení ocelí]

Příloha 4 – materiálový list talířového kola

Seite 7
TL 4521: 2005-03

Příloha A (normativní)

A.1 Kalitelnost

Výpočet dle VDEh-výpočtového vzorce pro CrNiMo-cementační oceli dle SEP 1664.

A.1.1 Chemické složení v hmotnostních %

Hraniční hodnoty viz Tabulka A.1.

Tabulka A.1

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N
0,10 až 0,25	≤ 0,65	0,40 až 1,10	≤ 0,035	≤ 0,055	0,45 až 1,95	0,07 až 0,45	0,80 až 1,80	0,010 až 0,050	≤ 0,30	≤ 0,020

A.1.2 Koeficient

Viz Tabulka A.2.

Tabulka A.2

Výpočtový vzorec k výpočtu tvrdosti čelní prokalitelnosti pro cementační oceli legované chromem, niklem a molybdenem (Hmotnostní podíly na chrom přibližně 1,2 %, na nikl přibližně 1,3 % a na molybden přibližně 0,3 %)													
J	m	Konstanta	Koeficienty elementů										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N
1,5	287	31,326	65,799	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	287	30,373	60,416	2,484	0,000	0,000	0,000	0,843	0,000	0,655	0,000	2,451	0,000
5	287	20,405	67,366	2,121	1,713	0,000	26,459	2,268	0,000	3,939	0,000	1,778	0,000
7	287	2,542	91,732	0,000	4,445	0,000	52,466	5,644	0,000	8,286	0,000	0,000	0,000
9	287	-12,350	113,634	2,742	5,996	0,000	44,306	8,558	0,000	11,000	0,000	3,794	0,000
11	287	-20,891	123,811	5,381	7,346	0,000	26,830	10,670	0,000	11,837	0,000	6,370	0,000
13	287	-24,844	130,575	5,046	7,350	0,000	0,000	11,832	0,000	12,159	0,000	6,947	0,000
15	287	-26,523	122,742	6,361	9,120	0,000	0,000	12,838	8,416	9,861	0,000	8,454	0,000
20	287	-26,257	105,032	6,550	9,953	61,729	0,000	13,378	16,103	7,311	0,000	9,540	0,000
25	287	-23,850	92,430	6,809	9,575	55,798	0,000	13,253	16,460	6,278	0,000	10,173	0,000
30	287	-22,970	82,291	6,691	10,027	51,676	0,000	13,081	15,763	6,358	0,000	9,623	0,000
40	287	-21,156	74,165	6,587	9,909	0,000	0,000	12,621	10,106	7,345	0,000	7,956	0,000

POZNÁMKA Příloha v SEP 1664, tabulka 6a a 6b, vydání 07/1996, prokázaný výpočtový vzorec je neplatný a nahrazený tím v Tabulce A.2.

Příloha 5 – výrobní postup talířového kola

VÝROBNÍ POSTUP pro závod 31 a verzi 1

Platnost postupu od:
Naposledy editováno:

Strana: 1/3

Číslo dílu: 7777777777

Název dílu

Číslo operace 1 J

Krok : 10 Takt:

Stroje:

AltStroj

Název

Inventární číslo

AICHLIN KSGs

průběžná pec č.1

46 121 - 062

Text

PRŮBĚŽNÁ PEC č.1 takt min. 13min. max.16min. POSTUP č.5
skupinový technol.předpis nitrocementace do hl. 0,3-0,5mm

ATMOSFÉRA: Nosná atmosféra je tvořena endotermickým
plynem o rosném bodu +4 až +6°C

Nastavení "C" potenciálu na přístroji Carbomat:

1,10% - 2.zóna tolerance -0,05 +0,05
0,85% - 3.zóna tolerance -0,05 +0,05

Nastavení teplot pece:

900°C - 1.zóna tolerance -20 +10°C
900°C - 2.zóna tolerance -10 +10°C
830°C - 3.zóna tolerance -8 +10°C

Nastavení průtokoměru ENDO v Nm3/hod.

14 - 1.zóna
12 - 2.zóna
22 - 3.zóna

Momentální hodnota průtoku ENDO se může pohybovat
v toleranci +2 -1 Nm3/hod. od nastavené teploty

Přídavek čpavku v Nm3/hod.

0,2 - 1.zóna
0,4 - 2.zóna

Přídavek zemního plynu pro 2. a 3.zónu a přídavek vzduchu
pro 3.zónu je řízený automaticky CARBOMATEM na
předepsanou hodnotu "C" potenciálu.

Kalící olej: TK 46

90°C - teplota oleje tolerance -10 +10°C
5min. (300s) - doba kalení
560 ot/min. - otáčky kalení tolerance -10 +15

Prací stroj:

Praní provádět dle skupinového výrobního postupu
pro praní č.3

Druh pracího a oplachového prostředku, koncentrace a
teplota viz. vývěska PROCESNÍ MATERIÁL STROJE.

Popouštěcí pec - teplota:

150 - 180°C - 1.zóna tolerance -5 +5°C
150 - 180°C - 2.zóna tolerance -5 +8°C
150 - 180°C - 3.zóna tolerance -5 +5°C

POZNÁMKA:

Zpracování jednotlivých dílů v závislosti na korekcích ozubení
viz.příloha k výrobnímu postupu.

Příloha 5 – výrobní postup talířového kola

VÝROBNÍ POSTUP pro závod 31 a verzi 1

Platnost postupu od:
Naposledy editováno:

Strana: 2/3

Číslo dílu: 7777777777

Název dílu

Číslo operace 1 J

Krok : 20 Takt:

Stroje:

AltStroj

Název

Inventární číslo

AICHLIN KSGs

průběžná pec č.1

46 121 - 062

Text

PRŮBĚŽNÁ PEC č.1 takt min.23min. max.25min. POSTUP č.12
skupinový technol.předpis nitrocementace do hl. 0,5-0,8 mm

ATMOSFÉRA: Nosná atmosféra je tvořena endotermickým
plynem o rosném bodu +4 až +6°C

Nastavení "C" potenciálu na přístroji Carbomat:

1,05% - 2.zóna tolerance -0,05 +0,05
0,80% - 3.zóna tolerance -0,05 +0,05

Nastavení teplot pece:

910°C - 1.zóna tolerance -20 +10°C
910°C - 2.zóna tolerance -10 +10°C
830°C - 3.zóna tolerance -8 +10°C

Nastavení průtokoměru ENDO v Nm3/hod.

14 - 1.zóna
12 - 2.zóna
22 - 3.zóna

Momentální hodnota průtoku ENDO se může pohybovat
v toleranci +2 -1 Nm3/hod. od nastavené teploty

Přídavek čpavku v Nm3/hod.

0,2 - 1.zóna
0,4 - 2.zóna

Přídavek zemního plynu pro 2. a 3.zónu a přídavek vzduchu
pro 3.zónu je řízený automaticky CARBOMATEM na
předepsanou hodnotu "C" potenciálu.

Kalící olej: TK 46

90°C - teplota oleje tolerance -10 +10°C
5min.(300s) - doba kalení
560 ot/min. - otáčky kalení tolerance -10 +15

Prací stroj:

Praní provádět dle skupinového výrobního postupu
pro praní č.3

Druh pracího a oplachového prostředku, koncentrace a
teplota viz. vývěska PROCESNÍ MATERIÁL STROJE.

Popouštěcí pec - teplota:

140 - 170°C - 1.zóna tolerance -5 +5°C
140 - 170°C - 2.zóna tolerance -5 +8°C
140 - 170°C - 3.zóna tolerance -5 +5°C

POZNÁMKA:

Zpracování jednotlivých dílů v závislosti na korekcích ozubení
viz.příloha k výrobnímu postupu.

Příloha 5 – výrobní postup talířového kola

VÝROBNÍ POSTUP pro závod 31 a verzi 1

Platnost postupu od:
Naposledy editováno:

Strana: 3/3

Číslo dílu: 7777777777

Název dílu

Číslo operace 1 J

Krok : 30 Takt:

Stroje:

AltStroj

Název

Inventární číslo

AICHELIN KSGS

průběžná pec č.1

46 121 - 062

Text

PRŮBĚŽNÁ PEC č.1 takt min.33min. max.35min. POSTUP č.11
skupinový technol.předpis nitrocementace do hl. 0,6-0,9 mm

Nakládání jednotlivých druhů dílů na pec č.1 - postup č.11
viz. PŘÍLOHA K VÝROBNÍMU POSTUPU

ATMOSFÉRA: Nosná atmosféra je tvořena endotermickým
plynem o rosném bodu +4 až +6°C

Nastavení "C" potenciálu na přístroji Carbomat:

0,95% - 2.zóna tolerance $\pm 0,05$
0,90% - 3.zóna tolerance $\pm 0,05$

Nastavení teplot pece:

930°C - 1.zóna tolerance -20 +10°C
920°C - 2.zóna tolerance -10 +10°C
900°C - 3.zóna tolerance -8 +10°C

Nastavení průtokoměru ENDO v Nm3/hod.

8 - 1.zóna
8 - 2.zóna
8 - 3.zóna

Momentální hodnota průtoku ENDO se může pohybovat
v toleranci +2 -1 Nm3/hod. od nastavené teploty

Přídavek čpavku v Nm3/hod.

0,5 - 1.zóna
0,5 - 2.zóna

Přídavek zemního plynu pro 2. a 3.zónu a přídavek vzduchu
pro 3.zónu je řízený automaticky CARBOMATEM na
předepsanou hodnotu "C" potenciálu.

Kalící olej: TK 46

90°C - teplota oleje tolerance $\pm 10^\circ\text{C}$
5min.(300s) - doba kalení
1500 ot/min. - otáčky kalení tolerance -10 +15

Prací stroj:

Praní provádět dle skupinového výrobního postupu
pro praní č.3

Druh pracího a oplachového prostředku, koncentrace a
teplota viz. vývěska PROCESNÍ MATERIÁL STROJE.

Popouštěcí pec - teplota:

130 - 160°C - 1.zóna tolerance -5 +5°C
130 - 160°C - 2.zóna tolerance -5 +8°C
130 - 160°C - 3.zóna tolerance -5 +5°C

POZNÁMKA:

Zpracování jednotlivých dílů v závislosti na korekcích ozubení
viz.příloha k výrobnímu postupu.

VZB-0002/04

Platnost výkonů a kompletů:
Datum tisku:

01.12.2009

Příloha 6 – chemické složení talířového kola

Program: FE-11

29.11.2009 14:14:25

Pozn.: Nizkolegovana ocel-male vz 12584/00

Jedno jiskření

Prvky: Koncentrace

Vzorek:
Jakost: 16220

c.vykresu:
Operátor:

c.prijemky:
Poznámka:

Zádný	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %
1	0.1999	0.1082	0.762	0.0092	0.0251	0.771	0.3096	1.597
2	0.1991	0.1076	0.746	0.0093	0.0256	0.760	0.3004	1.576
3	0.2043	0.1075	0.757	0.0091	0.0238	0.763	0.2966	1.548
Zádný	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %	W %	Pb %
1	0.0155	<0.0100	0.0172	<0.0010	0.0013	0.0039	<0.0100	<0.0020
2	0.0163	<0.0100	0.0173	<0.0010	0.0014	0.0037	<0.0100	<0.0020
3	0.0157	<0.0100	0.0173	<0.0010	0.0014	0.0036	<0.0100	<0.0020
Zádný	Sn %	B %	N %	Fe %				
1	0.0010	0.0002	>0.0240	96.0				
2	0.0012	0.0011	>0.0240	96.1				
3	0.0012	0.0045	>0.0240	96.0				